Ганс ГЮНТЕР

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЧТАНИЯ

Перевод с нем. Г. И. Гордона.

Под ред. проф. П. А. Знаменского.

С ПРИЛОЖЕНИЕМ СТАТЬИ
Профессора Я. И. ФРЕНКЕЛЯ:

„СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ВНУТРИАТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ И МОЖНО ЛИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ?“.



ПРЕДИСЛОВИЕ
к русскому изданию.

Мировая война выдвинула перед человечеством грозный призрак грядущего угольного голода, неизбежного истощения запасов угля, может быть, даже в недалеком будущем. Перед наукой и техникой во всем объеме стали две проблемы, от удачного разрешения которых зависит вся дальнейшая культура. Это, во-первых, создание более рациональных методов использования имеющихся в нашем распоряжении запасов топлива и более экономичных машин; во-вторых, выяснение и разработка путей утилизации всех возможных источников энергии в природе.

Книжка Гюнтера и посвящена этим интересным вопросам, привлекающим в настоящее время внимание ученых и техников различных стран.

В популярной книге, предназначенной для широкого круга читателей и прежде всего для учащейся молодежи, нелегко выявить с достаточной полнотой, законченностью и научностью все те вопросы, которых касается автор. Несмотря на это, книжка Гюнтера дает все же законченную картину и читается с интересом.

В русском издании помимо многих мелких исправлений проведены следующие дополнения и изменения: Прибавлена вводная глава для неподготовленных читателей; сделаны добавления о принципах устройства солнечных двигателей и о происхождении приливов и отливов; глава об элементах с сгорающим электродом исправлена по указаниям знатока в этой области инженера П. В. Бехтерева, которому издательство выражает глубокую благодарность за любезное содействие. Наконец, приложена дополнительная статья о внутриатомной энергии, написанная проф. Я. И. Френкелем.

ВВЕДЕНИЕ, КОТОРОЕ ДОЛЖЕН ПРОЧЕСТЬ НЕПОДГОТОВЛЕННЫЙ ЧИТАТЕЛЬ.

От первобытных времен до паровой машины.

Подобно жаждущему, который не может добраться до живительного источника, или голодному, который, несмотря на золото, мечтает о пище,—жил некогда человек во время своего младенчества среди могучих сил природы. Уже очень рано понял он, что в них, в этих силах, заключены для него возможности более счастливого существования. Но не умел он использовать их и превратить в своих слуг. И только постепенно мало-по-малу человек научился пользоваться этими силами в самых скромных размерах: он заставил бурную реку носить на себе челн, затем приладил к нему парус и, благодаря этому, смог преодолевать большие расстояния и привозить домой богатую добычу, не изнемогая под ее тяжестью. Затем ему удалось наложить на быстро текущую воду новое ярмо: он заставил ее вертеть колесо и перемалывать зерно в муку.

В низменных местностях водяное колесо не нашло себе применения: там вяло текут в море огромные реки—очень уж стары они стали и не хотят больше

работать. Зато ветры там свободно гуляют по равнинам. Чтобы использовать их силу, человек придумал ветряные крылья, и мельнику удалось впервые на ветряной мельнице перемолоть зерно в тонкую муку.

Протекли бесчисленные тысячелетия доисторических эпох после этих завоеваний—и пигмеи-люди ничего нового не отвоевали у исполина-природы. Шли тысячелетия и дальше, а слабые человеческие руки все еще тщетно стучались в закрытую дверь природы, все еще вода и ветер продолжали оставаться единственными естественными помощниками человека, неохотно и с трудом подчинявшимися ему. Но вот в один прекрасный день наступил переворот: была изобретена паровая машина, а в давно знакомом и очень мало потреблявшемся каменном угле был обретен новый источник естественной энергии. В руках человека сразу оказались исполинские силы. И он, бывший раннее рабом, энергично принялся за создание этих огненных машин, чтобы стать, наконец, господином, чтобы освободиться от мучительных оков природы.

Техника создалась благодаря силе человеческого гения, сумевшего подчинить себе силы природы. Человечество медленно расширяло с помощью изобретенных им машин свои знания, увеличивая свою силу и богатства. Уголь стал тем источником, из которого оно черпало силы для новых завоеваний. Уголь и только уголь был ему нужен, чтобы все более и более подниматься вверх.

Что такое каменный уголь.

Каменный уголь образовался из огромных первобытных лесов, которые много тысячелетий тому назад

были засыпаны землей и пролежали так без доступа воздуха до наших дней.

Отсутствие воздуха предохранило деревья от гниения, но они не остались совершенно не измененными; медленно протекали в них химические процессы, которые превратили легкую белую древесину в тяжелый черный блестящий камень. Этот камень с виду вовсе непохож на древесину, но, не говоря уже о том, что в шахтах часто находят куски угля, напоминающие по форме стволы деревьев, не говоря о том, что нередко можно наблюдать в кусках угля отпечатки листьев, самый состав угля свидетельствует об его происхождении.

Главной составной частью дерева является углерод, проще говоря—уголь. Если накаливать дерево без доступа воздуха, из него выделятся газы (летучие углеводороды, т. е. газообразные соединения угля с водородом), вытекут тягучие смолистые масла (тяжелые углеводороды, к которым относится, между прочим, деготь и смола) и останется твердый черный порошок—чистый углерод. Главной составной частью каменного угля является, именно, углерод. Летучих и тяжелых углеводородов в нем меньше, чем в древесине, и тем меньше, чем старее уголь. Так, антрацит, уголь самого древнего происхождения, представляет собой почти чистый углерод.

Углерод—горючее вещество, углеводороды—тоже. Поэтому каменный уголь представляет собой прекрасное топливо; при сгорании его, т. е. при химическом соединении с кислородом воздуха, выделяется много тепла.

Как его измерить? Тепло принято измерять калориями. Одна калория—это такое количество тепла, которое может нагреть 1 кило-

грамм воды на 1° Цельсия или 2 килограмма на $1/2^0$ или полкилограмма на 2° и т. д.

Сжигая уголь в особых закрытых сосудах, погруженных в воду, установили, что в среднем 1 кг угля хорошего качества при полном сгорании выделяет 8000 калорий тепла, т. е. может нагреть 100 кг воды на 80° или 80 кг на 100°. Число 8000 калорий составляет так называемую теплотворную способность угля. Конечно, при обычном сжигании угля в печи не удается использовать все это тепло полностью: более половины его пропадает—уносится вместе с дымом в трубу, уходит на нагревание стенок печи и т. д. Если удается применить только 50% тепла, выделенного при сгорании, с пользой, то говорят, что коэффициент полезного действия равен 50% или $1/2$.

Уголь употребляется частью для отопления жилищ, кухонных очагов, доменных печей и т. д., отчасти для отопления паровых котлов, паром которых работают паровые машины. В этом последнем случае уголь оказывается источником той работы, которую мы получаем от машины: погаснет топка—остановится машина. Здесь тепло от сгорания испаряет воду в котле, пар проходит в цилиндр машины, толкает поршень, поршень двигается, вал машины вращается и вертит станки на заводе. Так тепло, освобождающееся при горении угля, превращается в работу [1]).

---

[1]) Общедоступное описание тепловых двигателей (паровых машин, тýрбин и двигателей внутреннего сгорания) читатель найдет в книге: «Техника пара и газа», под ред. проф. А. А. Петровского.

Работоспособность угля.

Много ли работы можно получить от 1 килограмма угля? Прежде всего нужно научиться измерять работу. Рассмотрим самый простой пример: я подымаю груз, скажем 1 кг, на 1 метр вверх. Это одна работа. Теперь я подымаю тот же груз на высоту в 2 метра. Ясно, что вторая работа больше первой, и именно в 2 раза. Или я подыму 2 кг на высоту в 1 метр—эта работа, конечно, тоже больше первой и тоже в два раза.

Работу поднятия груза в 1 кг на высоту 1 метра называют килограммо-метром. В таком случае придется сказать, что наша вторая и третья работы равны каждая двум килограммо-метрам. Работа поднятия груза в 10 килограмм на высоту пяти метров будет, как легко понять, равна пяти килограммо-метрам. Среднего веса человек весит около 65 килограмм. Подымаясь по лестнице на 4-й этаж, на высоту примерно 12 метров, он совершает работу, равную $65 \times 12 = 780$ килограммо-метрам.

Работа определяется таким образом, с одной стороны, силой, которую нужно употребить, чтобы ее произвести, а с другой—длиной того пути, на котором эта сила действовала, производя работу. Говоря точнее и короче— работа измеряется произведением силы на длину пройденного ею пути.

Теперь мы можем ответить на вопрос, много ли работы можно получить от 1 кг угля.

Измерив, с одной стороны, количество угля, сожженного в топке паровой машины в час, а с другой—работу, произведенную за это время машиной, мы получим

год или десятки лет. В 1 секунду человек, работая спокойно и не перенапрягаясь, может сделать работу в 8—10 килограммо-метров. Работая напряженно, изо всех сил, короткое время, он может совершить работу вдвое и даже втрое большую. Сильная лошадь, работая до изнеможения короткое время, может совершить работу в 75 килограммо-метров в секунду. Поэтому, если какой-либо двигатель, группа людей или животных совершает работу в 75 килограммо-метров в секунду, говорят, что они обладают мощностью в 1 лошадиную силу. Нужно помнить, что 1 лош. сила (75 килограммо-метров в секунду) есть мощность не средней лошади при нормальных условиях работы, а сильной, работающей, так сказать, в три кнута. Средняя лошадь при длительной не чрезмерной работе может развить мощность, примерно, в $^2/_3$ лошадиной силы, т. е. около 50 килограммо-метров в секунду. Мощность человека при спокойной работе равна приблизительно $^1/_8$—$^1/_{10}$ лошадиной силы.

Приняв во внимание эти цифры, легко подсчитать, что человек, чтобы произвести такую работу, на которую способен 1 кг угля, должен, работая без переутомления, затратить круглым счетом 100 часов. Средняя лошадь произведет ту же работу приблизительно в 20 часов. Если даже $^9/_{10}$ работоспособности угля пропадет даром, то все же работа, которая будет получена, равна работе человека за полный рабочий день, или работе лошади за 2 часа. Тонна угля — это тысяча человеко-дней или три человеко-года, считая в году 333 рабочих дня. На земном шаре добывается свыше 1000 миллионов тонн угля в год. Это дает человечеству работоспособность в

3000 миллионов человеко-лет, т. е. работу 3000 миллионов человек в течение целого года. Иными словами, чтобы заменить годовую продукцию угля работой людей, нужно было бы заставить работать население вдвое большее всего населения земного шара! Это равно работе более 600 миллионов лошадей в течение круглого года, считая рабочий день лошади тоже в 8 часов! Теперь вы можете оценить значение угля для человечества.

Энергия.

Итак, холодный черный камень скрывает в себе громадную работоспособность, или энергию, как принято называть способность производить работу. Эта энергия превращается в тепло при сгорании, т. е. при химическом соединении с кислородом. Поэтому ее называют химической энергией. В топке эта химическая энергия переходит в тепло (в тепловую энергию). В цилиндре паровой машины она превращается в работу или в энергию движения—механическую энергию. Один вид энергии переходит в другой. Казалось бы—что общего между теплотой и движением какого-либо тела? А между тем, теплота может вызвать движение, как мы это видим в паровой машине. Обратно, механическая энергия может перейти в тепло: можно нагреть, например, кусок железа ударами молота. Но механическую энергию можно превратить не только в тепловую. Можно заставить паровую машину вертеть динамо-машину (генератор) и, таким образом, превратить механическую энергию в электрический ток. Этот ток можно отвести по проводам в другое место, там заставить вертеть электромоторы, и таким образом снова получить механическую работу.

Электрическая энергия.

Мощность электрического тока измеряют в ваттах. Ток мощностью в 1 ватт способен, будучи превращен в механическую работу, совершить немного более 0,1 (точнее—0,102) килограммо-метра работы в секунду. Для питания лампочек накаливания нужен электрический ток мощностью немного более одного ватта на 1 свечу [1]). На основании этих данных легко подсчитать, что лошадиная сила равна приблизительно 750 ватт (точнее—736 ватт), т. е. если вертеть динамомашину конным приводом силой, равной одной лошади (мощность средней лошади, как мы сказали раньше, равна приблизительно $^2/_3$ лош. силы, т. е. 500 ватт), то она способна дать ток для питания 10 ламп накаливания по 50 свечей. Вертя динамомашину вручную, можно получить ток для питания только двух таких ламп. Энергии, заключенной в 1 килограмме угля, если использовать только 10% ее, достаточно, чтобы питать лампу в 1000 свечей почти в течение целого часа, т. е., чтобы поддерживать ток мощностью в 1000 ватт в течение почти часа.

1000 ватт называют киловаттом. Работу, которую может совершить ток мощностью в 1 киловатт в течение 1 часа, или которую нужно затратить, чтобы поддерживать такой ток в течение 1 часа, называют киловатт-часом. Граждане, пользующиеся электрическим освещением, хорошо знают это слово: оно фигурирует на счетах электрической станции за израсходованную в те-

[1]) Существуют лампочки, так называемые полуватки, потребляющие $^1/_2$ ватта на свечу. Лампочки с угольной нитью требуют $3^1/_2$ ватта на свечу.

чение месяца энергию. В Ленинграде 1 киловатт-час стоит 18 копеек, и мы часто пеняем на дороговизну, забывая, что 1 киловатт-час—это работа, которую человек мог бы совершить, непрерывно и напряженно работая более 10 часов. На электрической станции для получения 1 киловатт-часа нужно сжечь в топке немного более 1 кг угля.

В электрической лампочке ток, проходя по тонкой металлической или угольной нити, накаляет ее до-бела, т. е. превращается в тепло и свет. В специальных электрических нагревателях ток почти целиком переходит в тепло. Таким образом, здесь кругооборот энергии замыкается: теплота в паровой машине превращается в механическую работу, которая с помощью динамомашины преобразуется в электрическую энергию, а в электрических нагревательных приборах эта последняя снова пр·вращается в теплоту.

В гальванических элементах (звонковые элементы, батарейки карманных электрических фонарей) химическая энергия непосредственно переходит в электрическую. В электрических аккумуляторах электрический ток создает химическую энергию, которая, спустя любой промежуток времени, может быть снова превращена в электрическую.

Таким образом, человечество может как угодно распоряжаться доступной ему энергией—превращать ее из одного вида в другой, запасать впрок, передавать с одного места на другое. Но мы не в состоянии создавать энергию; мы не можем, затратив определенное количество энергии одного вида, получить большее количество ее того же или другого вида. Наоборот, при всяком таком превращении бесполезно пропадает часть энергии. При переходе тепла в работу в паровой машине

теряется, как мы видели, даже до 90% всего тепла. Теория показывает, что потеря значительной доли тепла при превращении его в механическую работу неизбежна. Но с другими видами энергии дело обстоит гораздо лучше. При превращении, например, электрической энергии в работу и при превращении механической работы в электричество теряется не более 10%, так что коэффициент полезного действия здесь равен 90%. Вообще, электрическая энергия—самая ценная и удобная в применении: ее можно передавать на расстояние, сберегать впрок в аккумуляторах и превращать в работу почти без потерь. Теплота—низший сорт энергии: все виды энергии легко переходят в теплоту (вспомните нагревание подшипников, электрических проводов и т. д.), теплота же в другие виды—с трудом и с большими потерями. Теряемая нами энергия, конечно, не уничтожается, она только ускользает из наших рук, рассеиваясь в пространстве. Но как бы там ни было, для нас она пропадает. Поэтому человечество отбросило несбыточную мечту о **вечном двигателе** (perpetuum mobile) и тем более должно ценить те источники энергии, которые находятся в его распоряжении—и между ними в первую очередь каменный уголь, как самый важный из них.

---

1. Страшная угроза.

С тех пор, как изобретена паровая машина — это произошло всего 150 лет тому назад—человечество обрело в каменном угле источник мощи и власти над природой. Уголь начали добывать миллионами тонн ежегодно, и чем больше угля добывала кирка из темных недр земли, тем более расходовали его, и тем более человек становился зависимым от него.

Цифры говорят убедительно, если хотят их слушать. Что же говорят цифры о потреблении угля на земном шаре?

Они говорят, что в 1875 году весь расход угля доходил до 260 миллионов тонн в год; 20 лет спустя он достиг уже 526 миллионов, еще через 20 лет учетверился, дойдя до 1000 мил. тонн, а в 1920 г. возрос уже до 1300 мил. тонн. Таким образом, расход угля за последние 5 лет выразился почти такой же цифрой, как потребление его за двадцать лет—с 1875 по 1895 г. И вряд ли будет преувеличением, если мы скажем, что и в будущем каждые 20 лет расход угля будет удваиваться.

Когда эти цифры стали известны, то к громкому ликованию по поводу триумфа машины и к хвалебным гимнам в честь угля—друга человечества—стали вдруг примешиваться голоса, спрашивавшие, что станет с человечеством, когда будут израсходованы все запасы угля? К этим голосам прислушивались сперва с недоверием, с насмешкой над их вороньим карканьем. Но, в конце концов, все поняли, что эти предостережения вполне

справедливы, потому что уголь — это капитал, который безудержно расходуется, сокровище, из которого бесконечно черпают, нисколько не пополняя его. Надолго ли хватит его?

За решение этого вопроса взялась наука. Измеряла, сравнивала, подсчитывала долгие годы. И результат всего этого был сообщен на геологическом конгрессе в 1913 году. Первая цифра, услышанная там, была очень утешительна, именно: известных нам залежей каменного угля, если разработать их на глубину до 1800 метров, хватит при современных нормах потребления почти на 6000 лет. При том условии, конечно — в этом-то и вся суть! — что эти запасы смогут быть добыты сполна. Но как же обстоит дело в этом отношении? И вот, кто интересовался этим вопросом—получал на него ответ гораздо менее утешительный. Именно, значительная часть известных нам залежей каменного угля так ничтожна по своей мощности, что при современных способах разработки совершенно не стоит добывать его. Это раз. Во-вторых, значительная масса его теряется в виде пыли; кроме того, в разработанных копях большие количества его остаются в виде столбов для укрепления сводов. Все эти данные вместе с все возрастающими из года в год нормами потребления угля значительно сокращают указанный выше срок. В конце концов конгресс принял, что известных нам залежей угля хватит самое большое на 1500 лет [1]).

[1]) Если принять, как это делает автор, что потребление угля за каждые 20 лет будет удваиваться, то запасов, которых при современных нормах потребления хватило бы на 6000 лет, хватит только, примерно, на 150 лет. Но все расчеты наличных запасов угля очень ненадежны, так как, прежде всего, далеко не все залежи нам известны. Никто, например, не знает, что таят в себе недра Китая и Африки.

Но не везде, а только в среднем! Это — дальнейшее ограничение, которое пришлось сделать. В Соединенных Штатах угля хватит на 2000 лет, зато в Англии не более, как лет на 200. Прочие страны находятся между этими пределами. В России, например, если потребление на душу населения дойдет до современного германского, запасов угля хватит более, чем на 1000 лет.

Эти сроки от нескольких сотен до нескольких тысяч лет бесконечно малы, если сравнить их с тем, сколько времени существует уже на земле род людской. Появление человека на земле, как известно, относят примерно на 500000 лет назад. Что в сравнении с ними какие-нибудь полторы тысячи лет? Почти то же, что одна минута в сравнении с пятью часами. В жизни народов они не более, как одно мгновение! Оно промчится, это мгновение, и все известные нам на земле запасы угля будут истощены. И тогда человечеству угрожает гибель в борьбе с враждебными силами, потому что вся культура пока зиждется на угле.

---

2. Переработка каменного угля в газ и горючие масла.

Установив эти факты, пришлось сделать из них два вывода: во-первых, что уголь нужно расходовать экономнее и, во-вторых, что безусловно необходимо найти в каких-нибудь других силах природы замену той энергии, какую дает уголь. За первый пункт взялись прежде всего химики. Они доказали, что при обыкновенном сгорании угля пропадают такие полезные части его, которые с

успехом можно утилизировать, если не сжигать его непосредственно, а употреблять в качестве топлива добытые из него горючие газы. По этому пути утилизации угля пошли на коксовальных и на газовых заводах. Главными продуктами при этом получаются кокс и светильный газ, а побочными—удобрительные вещества, краски и некоторые медикаменты.

Производство светильного газа и кокса основано на следующем. При избытке воздуха сгорающий уголь превращается в углекислый газ (CO_2), выделяя в виде тепла всю заключенную в нем энергии (приблизительно 8000 калорий). В полученном при таком сгорании углекислом газе нет больше ни капли энергии. При недостатке же воздуха уголь сгорает в окись углерода (CO)—ядовитый угарный газ, который доставляет много неприятностей, если закрыть печь прежде, чем в ней догорело топливо. Кроме окиси углерода при неполном сгорании угля в продуктах горения оказывается еще довольно много летучих углеводородов—газообразных соединений углерода с водородом, заключенных в угле. Эта смесь горючих газов и представляет собой, так называемый, светильный газ, который применяется при газовом освещении и является хорошим топливом для газомоторов. Так как коэффициент полезного действия газомоторов вдвое выше, чем у паровых машин, такое использование угля нужно признать весьма выгодным, хотя при получении светильного газа на горение угля затрачивается 20% его теплотворной способности. Если приток воздуха очень незначителен—углерод почти не сгорает; под влиянием жара из угля улетучиваются углеводороды и остается чистый углерод—кокс.

Однако получение горючего газа из угля не исчерпывает еще всех возможностей. В самые последние годы

научились путем специальной обработки угля добывать из него горючие масла высокого качества, напоминающие естественную нефть и вполне ее заменяющие.

Теперь стремятся использовать для подобной цели всякий уголь, и в результате получится огромная экономия. Почему? Вот почему. Когда сжигается уголь для получения пара, при помощи которого работает какая-нибудь паровая машина, то утилизируется только до 15% содержащейся в угле энергии, а вся остальная часть ее пропадает. Но если превратить уголь в горючее масло и сжигать его в дизелях, то полезная энергия, получаемая от угля, возрастает до 30%. Правда, часть теплотворной способности угля при превращении его в масла теряется, как это имеет место и при получении из угля горючего газа, но эта потеря не велика, так что расход угля все же сокращается почти вдвое.

3. Газовый завод под землей.

В Англии пытаются достичь этой же цели другим, казалось бы совершенно фантастическим, путем. Знаменитый химик Рамзай незадолго до войны выдвинул проект превращения каменного угля в газ в самих копях. Он исходил из того факта, что тяжелый труд углекопов, с одной стороны, и дальнейшее распределение добытого угля, с другой—очень сильно влияют удорожающим образом как на стоимость угля, так и на цену получаемых из него продуктов. Помимо этого самый транспорт угля также поглощает массу угля. И наконец—известно множество таких залежей угля, разрабатывать которые современными способами не стоит,

вследствие слабой мощности пластов или плохого качества угля. Такие же условия имеются в некоторых залежах каменной соли, пласты которой так тонки, что нет расчета разрабатывать их руками рабочих. По отношению к соли поступают следующим образом: делают в почве буровую скважину, спускают в нее воду, растворяют соль и затем поднимают вверх раствор, из которого уже путем выпаривания получают чистую соль. Точно также предлагает поступать Рамзай с такими залежами угля, мощность которых не превышает 75—90 сантиметров и которые не стоит разрабатывать обыкновенным способом. Но угля растворить, конечно, нельзя, а можно превратить его в газ, провести последний наверх, к газомоторам и генераторам и, таким образом, получить электрическую энергию, которую можно отвести на далекие расстояния по проводам.

Как осуществить такое добывание газа? Чтобы добраться до желаемой залежи угля, нужно сделать в почве буровую скважину и опустить в нее трубу, через которую выкачивалась бы почвенная вода и проводился добытый газ. В этой трубе согласно проекту проходят две узкие трубки, из которых одна предназначена для воздуха, необходимого для горения угля, а вторая—для водяного пара, пропускаемого в глубину. Приток воздуха должен быть таков, чтобы при горении получалась окись углерода (CO). Если пропускается в правильной пропорции водяной пар, — то получается смесь водорода и генераторного газа (окиси углерода), называемая для краткости водяным газом. Эта смесь очень хороша, как топливо для газомоторов.

Водяной газ уже с давних пор добывается для технических целей, особенно в Америке, где редко встре-

чаются хорошие сорта угля, между тем как пригодный для образования водяного газа антрацит попадается в больших количествах. При этом поступают так: доводят горящий уголь до температуры белого каления, затем пускают струю водяного пара. Водяной газ образуется по следующей формуле.

$$C + H_2O = CO + H_2$$

(уголь) (водяной пар) (водяной газ).

Точно так же протекает это явление и в глубине земли. И технические трудности здесь не так велики, чтобы нельзя было их преодолеть. Пласты угля можно бы зажечь при помощи электричества и образовавшийся газ после очищения его собирать в газометры, откуда часть его провести для отопления паровых котлов, дающих пар, и для обслуживания компрессоров, сжимающих воздух, а большая часть могла бы приводить в действие газомоторы, вращающие большие генераторы трехфазного тока. Превращенный посредством трансформаторов в ток высокого напряжения, этот трехфазный ток мог бы доставляться по проводам в пункты, удаленные от места добывания на многие километры. Там он вращал бы станки, давал пар, варил, согревал — словом, делал бы то же самое, что уголь.

Против этого плана можно возразить, что при этом уголь опять-таки п р о с т о сжигается вместо того, чтобы быть основательно утилизированным путем химической обработки. Но нельзя забывать, что способ этот имеет в виду только такие залежи, которые в настоящее время совершенно не разрабатываются, стало быть,

заключенный в них уголь для нас недоступен. Второе возражение заключается в том, что, вследствие образования пустых пространств под землей при таком подземном сжигании, почва на этих местах должна проваливаться. Но подобное явление часто имеет место и сейчас при многих горных разработках, при чем, однако, опускание почвы происходит медленно и вреда не приносит.

План Рамзая опубликован накануне войны; тогда имелось в виду испытать его летом 1914 года в каких-нибудь английских копях, чтобы убедиться, насколько он осуществим. Погубила ли война эту мысль? Показали ли опыты неосуществимость его? Вопросы эти остаются пока открытыми. Но сам по себе этот план велик по своей почти гениальной простоте.

4. Термоэлектричество.

Впрочем, можно мечтать о еще более смелых достижениях. В чем суть проекта Рамзая? Чего хочет он достичь? Возможно полного превращения тепла, получаемого при горении угля, в электричество. Мы знаем, что при превращении энергии угля в электричество посредством парового котла и паровой машины теряется до 90% тепла. Добывая из угля газ и сжигая его в газомоторах, можно достичь более полного превращения. Однако, и здесь достижения ограничены. В газомоторах используют только около 35% энергии угля, в генераторах трехфазного тока — около 90% энергии, полученной от газомоторов. Таким образом, коэффициент полезного действия не очень велик, хотя он все же несравненно больше, чем при получении электричества

окольным путем через паровую машину. Но является вопрос, необходимы ли, вообще, оба механические промежуточные члена — газомотор и генератор? Нет ли способа прямого превращения энергии угля в электричество?

Мы коснулись новой важной проблемы, над разрешением которой давно уже безрезультатно трудится техника. Эту проблему пытаются разрешить двояко. Один путь указал немецкий физик Зеебек сто лет тому назад, именно: в проводнике, состоящем из двух различных металлических пластинок, если подогреть место их соединения, образуется электрический ток. На основании этого устроены так называемые термоэлементы, которые состоят из взаимно спаянных с одного конца металлических пластинок. Если подогреть место спайки, то в элементе образуется ток, который и может быть использован обычным путем. Напряжение этого тока зависит от того, какие металлы употребляются в дело. Особенно удачной является комбинация висмута и сурьмы. Таких элементов можно, само собою разумеется, приготовить несколько и тогда получаются термобатареи, находящие практическое применение там, где нет других источников электричества. Но работа, которую они могут совершать, весьма не велика. Мощность их достигает 10—12 ватт, тогда как одна 50-свечная металлическая лампа, например, потребляет около 55 ватт.

Конечно, нетрудно увеличить их до гигантских размеров. Но является вопрос — можно ли с выгодой технически использовать такие гигантские термобатареи для непосредственного превращения теплоты в электричество? На первый взгляд это представляется вполне

возможным. Но дело совершенно меняется, когда начинается подсчет. Полезность действия маленьких термоэлементов едва достигает 1%, т. е. с их помощью можно использовать только 0,01 доставляемой им тепловой энергии, а остальные 0,99 пропадают. По сравнению с этим методом, обычный способ получения энергии через паровую машину представляется в 10 раз более выгодным. Поэтому прибегать к термоэлектричеству, как к источнику энергии, не имеет никакого смысла.

---

5. Электричество из угля.

Другой, гораздо менее известный, путь для непосредственного получения из угля электрической энергии представляют особые гальванические элементы, которые можно было бы назвать элементами с сгорающим электродом. В них уголь разрушается электро-химическим путем, при чем получается электричество. Именно в таком потреблении угля кроется основная разница между этими и другими применяемыми в технике элементами, наиболее известным представителем которых является элемент с нашатырем, служащий для электрических звонков. В нем, как известно, одним электродом является уголь, другим—цинк. Но здесь при образовании электрического тока расходуется дорогой материал—цинк, а уголь остается целым. То же самое имеет место и в других гальванических элементах с угольными электродами, которые в сущности являются превосходными «машинами», так как превращают почти без всякой потери находящуюся в них химическую энергию в электрическую.

Но материал, который при этом расходуется—металлы—дорог, потому и самый электрический ток, при этом получающийся, также слишком дорог для широкого применения. Новый элемент должен изменить это тем, что в нем уголь или другой дешевый горючий материал, вступая в соединение с кислородом, дает электрическую энергию. Полезное действие такого электрохимического сжигания угля, как показывает расчет, может доходить почти до 100%. Осуществление идеи нового элемента заслуживает поэтому самого серьезного внимания.

Первый за решение этой задачи взялся около 70 лет тому назад не кто иной, как знаменитый французский химик Беккерель, открывший впоследствии явления радиоактивности.

Так как уголь при низкой температуре с кислородом не соединяется, то основным условием является высокая температура. Беккерель старался достигнуть такой температуры тем, что расплавлял селитру в железном тигле и погружал угольный стержень в эту расплавленную массу. Если проволокой соединить уголь с тиглем, то появляется электрический ток, идущий от угля к железу; при этом уголь очень быстро расходуется. Собственно говоря, здесь мы имеем дело не с гальваническим, а с термоэлектрическим элементом; в месте горения угля температура сильно повышается, и ток получается, как при нагревании спая двух проводников, которыми в данном случае являются уголь и селитра.

Технически новый элемент, как и все термоэлементы, был неудовлетворителен, так как кислород, необходимый для сжигания угля, получался путем расходования дорогого продукта — селитры, уголь быстро сгорал,

и действие элемента было крайне незначительно. Поэтому подобный элемент оказался очень дорогим[1]).

В 1896 г. Джекэс построил элемент с угольным сгорающим электродом, при чем для сжигания угля брал кислород из воздуха—что являлось единственно правильным способом, так как в таком случае он ничего не стоит. Элемент Джекэса состоял из тигля высотой в полметра, наполненного едким натром, в который вставлялся почти такой же длины угольный стержень толщиной в руку. Растворив едкий натр, он вдувал в него воздух, с кислородом которого уголь и соединялся. Этот элемент давал ток силой в несколько ампер при напряжении около 1 вольта, и Джекэс был настолько уверен в успешности его действия, что публично говорил о возможности создания таким путем сильных двигателей и демонстрировал даже рисунок огромного океанского парохода, приводимого в движение элементами с сгорающими электродами.

К сожалению, все эти надежды не оправдались на деле, так как элемент на практике оказался очень слабым и малого действия, которое, как доказал потом Габер, обусловливается не соединением угля с кислородом воздуха, а вторичным процессом. Именно, уголь, соединяясь с кислородом едкого натра, освобождает из водного раствора едкого натра водород, который образует с кислородом воздуха опять воду.

Таким образом, здесь получается газовый элемент: электродами служат водород и кислород воздуха, а электрический ток получается за счет сгорания водорода. Подобные газовые элементы без угля известны уже давно.

---

[1]) Подобный же элемент был позднее построен и запатентован в России известным изобретателем электрической свечи—Яблочкиным.

Над усовершенствованием элемента Джекэса много поработал в России инженер Бехтерев, ученик проф. Кистяковского, но сделать его техиически применимым ему не удалось. Он же начал опыты над элементами с угольным сгорающим электродом, работающими при очень высокой температуре, и в качестве электролита применил расплавленное стекло. Работы Бехтерева были продолжены цюрихским электрохимиком Е. Бауром. Баур устраивал со своими учениками различные элементы такого рода. Наиболее практичным оказался один тип основанный на давно уже известном и довольно неприятном свойстве серебра, которое в расплавленном жидком состоянии способно поглощать много кислорода и потом легко отдавать его. Это свойство серебра позволяет обеспечивать уголь на продолжительное время достаточным количеством кислорода, так что элемент долго дает сильные токи, не истощаясь. Но здесь имеется недостаток, замечавшийся у всех прежних элементов с сгорающим электродом и заключающийся в том, что расплавленная масса как раз там быстро беднеет кислородом, где он необходим, отчего, конечно, прекращается образование электричества. На рис. 1 изображено устройство такого элемента с серебряным и угольным электродами, который во время действия должен находиться в особой печи. Уголь *C* в форме колокола (для увеличения его поверхности) помещен в плавильный тигель *P*, на дне которого находится слой расплавленного серебра *S*. Через трубку *R* в него можно вдувать воздух. Проволоки *N* замыкают цепь. Пространство между углем и серебром заполняется расплавленным электролитом *E*, который должен быть кислородной солью, плавящейся при температуре не свыше 1000°.

Само собою разумеется, что последняя при температуре расплавленного серебра не должна разлагаться и вступать в соединение ни с углем, ни с серебром, ни с кислородом; помимо этого она не должна дорого стоить. К счастью, мы располагаем целым рядом веществ, удовлетворяющих этим требованиям: такова, например, обыкновенная стеклянная паста.

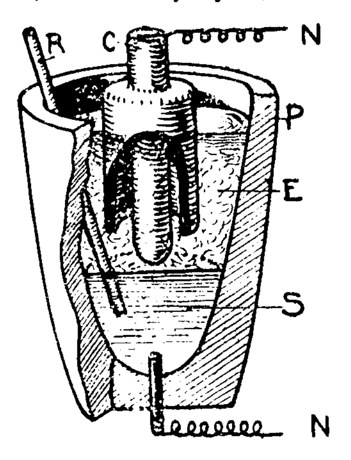


Рис. 1. Схема элемента со сгорающим электродом. На дне огнеупорного тигля *P* находится расплавленное серебро *S* поверх которого налит электролит *E* (расплавленное стекло) В электролит погружен угольный электрод *C*. Через трубку *R* продувается воздух. При замыкании проводов *NN* по ним идет ток. Элемент целиком помещается в печь, в которой поддерживается высокая температура.

Подобный элемент был в состоянии, по сведениям имеющихся отчетов, давать в продолжение 5 часов ток силой в 5 ампер, при напряжении почти в 1 вольт. Это является уже при сравнении с прежними результатами очень крупным успехом, но практическое применение элемента сильно затрудняется необходимостью поддерживать очень высокую температуру и высокой стоимостью серебра. Правда, серебро не расходуется, но на него затрачивается капитал, который должен быть амортизован.

Кроме того, все элементы с угольным электродом обладают одним существенным и неустранимым недостатком: угольный электрод должен быть сделан из угля, проводящего ток, а для получения такого угля не-

обходимо добытый из земли каменный уголь подвергнуть довольно сложной переработке, так что он никак не может считаться достаточно дешевым материалом.

Это обстоятельство заставило Баура отказаться от первоначальной идеи и устроить совместно с Тредвиллем элемент с горючим газом.

Особенность этого элемента заключается в том, что электролит впитывается, как фитилем, каким-нибудь пористым телом, напр., магнезией, а электроды устроены в противоположных стенках этого тела в соответствующих каналах, через которые пропускают к одному электроду горючий газ (окись углерода), а к другому воздух. При этом окись углерода сгорает за счет кислорода электролита, который у другого электрода снова соединяется с кислородом воздуха.

Эти газовые элементы, повидимому, очень практичны, так как они не только работают непрерывно, но их легко пускать в ход; кроме того они достаточно просты.

Для работы этих элементов тоже необходимо поддерживать высокую температуру, на что затрачивается много энергии. Благодаря этому в малом масштабе они не могут быть выгодны, но этот недостаток уменьшается с увеличением объема. Дело в том, что тела большого объема остывают гораздо медленней, чем малые, потому что остывание тела идет с поверхности, а при большом объеме на единицу объема приходится меньшая поверхность, чем при малом [1]).

---

[1]) Например, если ребро куба увеличить в 2 раза,—его объем увеличится в 8 раз, а поверхность только в 4 раза.

К сожалению, новые элементы в большом масштабе еще не испробованы. Как должно выглядеть такое устройство, описал сам Бзур: это должны быть резервуары из огнеупорного материала, вышиною в дом, наполненные раскаленной до-красна жидко-расплавленной солью (например, содой). В эту расплавленную массу соли погружены десятки и даже сотни очень тонких электродных пластинок значительной поверхности, а система огнеупорных трубок проводит газы через расплавленный электролит. Что наша теплотехника могла бы создать такие постройки, не подлежит сомнению. Но сможет ли она устранить несовершенства, свойственные всем подобным строениям из сланцевой глины и можно ли совместить наличие огромного числа распределительных канальцев и проводов с необходимостью держать продолжительное время самые приемники вышиною с дом в до-красна раскаленном состоянии—это технически еще не решенный вопрос.

Решить его во всяком случае стоит, так как если и допустить, что из теоретических 100% полезного действия такого устройства элементов должны быть значительные потери на отопление и другие потребности, то на распределительной доске для электрических установок мы все-таки будем располагать приблизительно 60% затраченной энергии. Если же принять во внимание полезный эффект при современных методах применения угля, то элементы с сгоранием дадут экономию не менее $^3/_4$ потребляемого угля. Еще значительнее выступает преимущество подобного устройства, если использовать его для некоторых специальных установок. Баур, например, составил смету для такой доменной печи. В обыкновенных коксовых доменных печах расходуется 1 тонна кокса

на каждую тонну чугуна, выплавляемого печью. Отапливаемая же электричеством доменная печь расходует для восстановления руды только $^1/_3$ тонны кокса и для получения тепла около 3000 киловатт-часов электрической энергии на 1 тонну чугуна. Для получения электрической энергии можно было бы пользоваться элементами с сгоранием газа, которые работали бы колошниковыми газами—окисью углерода—из доменных печей. В этих случаях нужно было бы для восстановления руды и получения потребных 3000 киловатт электрической энергии, в общем, только $^1/_2$ тонны кокса, т. е., при оборудовании доменных печей батареями со сгорающими электродами, мы получили бы экономию на каждую тонну железа полтонны кокса.

---

6. Белый уголь.

Все до сих пор высказанные соображения имеют в виду уменьшение современного потребления угля, то-есть возможное удлинение сроков действия имеющихся запасов его. Но и при самой строгой экономии наступит когда-нибудь момент, когда все они истощатся: ведь мы тратим самый капитал. Поэтому нас сильно занимает вторая огромная задача, именно, найти, чем заменить исчезающий уголь. Обыкновенно при обсуждении этого вопроса прежде всего приходит мысль использовать водяные силы, в которых, как обычно предполагают, достаточно энергии для замены угля.

Ближайшее знакомство с вопросом показывает, однако, что сила воды, если даже использовать все источники вод-

ной энергии, поддающиеся эксплоатации, слишком недостаточна для того, чтобы заменить уголь. Для Соединенных Штатов подобный расчет произвел Штейнметц. В 1920 году в Соединенных Штатах добыто в круглых цифрах 600 миллионов тонн угля. Если принять теплотворную способность этого угля равной в среднем 7000 калориям, то химической энергии 1 тонны угля будет приблизительно соответствовать электрическая работа 1 киловатт-года. Примерно половина этого угля идет на технические цели, а другая—на отопление. Если коэффициент полезного действия исчислить в первом случае в 15%, а во втором—в 35%, то в среднем коэффициент полезного действия равен 25%, и мы получим, стало быть, из 600 миллионов тонн израсходованного угля работу в 150 миллионов киловатт-годов.

Общее количество водяных сил, которыми располагают Соединенные Штаты, точно неизвестно, но на основании данных о поверхности, количестве осадков и высоте водных бассейнов над поверхностью океана оно может быть принято равным 950 миллионам киловатт. Если отсюда отнять потребление воды в сельском хозяйстве, потерю при испарении ее, а равно и утечку, то останутся всего 380 миллионов киловатт. Затем превращение в электрическую энергию и передача ее на места расходования опять сопряжены с потерями, которые Штейнметц оценивает в 40%. Остается, стало быть, всего 230 миллионов киловатт, то есть только на 80 милл. больше, чем дает весь уголь.

Этот результат кажется очень благоприятным и повидимому противоречит нашему утверждению. При сопоставлении обеих цифр, нельзя упускать из вида,

что при учете воды дело идет не только о более или менее крупных реках, но и о водяных осадках. Эта возможная максимальная цифра получится только в том случае, если будут использованы все небольшие речки, ручьи, ручейки и проточины от верховья их до впадения в море и во всякое время года, так что в стране совершенно не останется никакой свободно текучей воды. Вся вода будет по трубам проведена в турбины, а из турбин—в ближайшие бассейны для стоячей воды. Затем нужно принять во внимание, что из водяных сил Соединенных Штатов и сейчас уже в общем использовано 25%, которые необходимо, стало быть, прибавить к потребляемой сейчас энергии. Наконец, мы учли только потребность в энергии в данный момент, между тем как необходимо иметь в виду будущее. Если мы с осторожностью будем считать, что потребность в энергии в течение 20 лет удвоится, то окажется, что в 1960 г. Соединенным Штатам потребуется 450 милл. киловатт-годов, а водяные силы их в лучшем случае смогут дать едва только половину этого количества. Штейнметц высчитывает даже потребность в энергии в это время (в 1958 г.) в круглых числах в 10000 милл. тонн угля, т. е. в 2500 мил. киловатт-годов; таким образом, водяные силы, при полном использовании, смогут покрыть едва только $^1/_{10}$ этого количества.

Что касается других стран, то в них положение представляется еще более печальным, так как Соединенные Штаты сравнительно богаче водяными силами. Кен и Каплан вычислили доступные использованию водяные силы в отдельных странах на каждую душу населения и получили следующие цифры:

В Канаде	приходится по	4	лош. силы	на 1 жит.	
« Соед. Шт.	«	«	1	»	»
« Исландии	«	«	22	»	»
« Норвегии	«	«	5,2	»	»
« Швеции	«	«	1,2	»	»
« Финляндии	«	«	0,8	»	»
« Балкан. госуд.	«	«	0,6	»	»
« Швейцарии	«	«	0,4	»	»
« Испании	«	«	5,2	»	»
« Италии	«	«	0,15	»	»
« Франции	«	«	0,15	»	»
« Германии	«	«	0,02	»	»
« Англии	«	«	0,02	»	»
« С. С. С. Р.	«	«	0,02	»	»
« Австро-Венгр.	«	«	0,12	»	»

Другие вычисления показали, что современная потребность в энергии, расчитанная на количества населения в отдельных странах, достигает 0,5 лош. сил на одного жителя, а Леммель высчитал будущую потребность в энергии в среднем в 2 киловатта или в 2,7 лошадиные силы на 1 жителя, принимая, что отопление и кухня повсюду будут действовать электричеством, что передвижения будут совершаться при помощи электричества и что вся промышленность, наконец, считая в том числе и сельско-хозяйственную, будет также обслуживаться электричеством. Сравнивая эти цифры с данными вышеприведенной таблицы, мы видим, что как раз наиболее промышленные страны, за исключением Соединенных Штатов, уже в настоящее время стоят значительно ниже предельных цифр, и что только Канада, Исландия и Норвегия будут в состоянии покрыть свою будущую потребность в энергии. Таким образом, на водяные силы расчитывать не приходится: они всегда останутся, конечно, очень солидным источником энергии, но заменить вполне уголь они не в состоянии.

7. Бурый уголь, торф, нефть, естественный газ.

Обращаясь к другим горючим материалам, мы наталкиваемся на некоторые сорта бурого каменного угля, торф, нефть и естественный газ (т.-е. горючий газ, который в некоторых местах, вблизи нефтяных источников, вырывается из земли), но ни один из них не в состоянии заменить уголь. Запасы их, кроме торфа, по сравнению с залежами угля так малы, что среди горючих материалов природы они играют лишь ничтожную роль. Так, наприм., если бы в Соед. Штатах заменили уголь нефтью, то нефтяные источники Северной Америки иссякли бы уже приблизительно через 20 лет.

Что касается торфа, то малая теплотворная способность делает его топливом довольно низкого качества. Зато залежи его огромны. Например, ежегодный прирост торфа в С. С. С. Р. мог бы покрыть всю нашу довоенную годичную потребность в угле. Однако, перевозка торфа на значительные расстояния не окупается, благодаря его некомпактности при малой теплотворной способности. Поэтому в настоящее время торф разрабатывается только для местного потребления. Для использования торфа в широком масштабе нужно устроить так, чтобы не возить торф к машинам, а привезти машины к торфу, т. е. оборудовать на мощных торфяниках центральные силовые станции, в которых энергия торфа посредством паровых машин и динамо-машин превращалась бы в электрический ток высокого напряжения, который по проводам можно передавать на места потребления. На подмосков-

ных каширских торфяниках в настоящее время уже работает такая центральная силовая станция. Постройка целого ряда таких станций предусмотрена планом электрофикации С. С. С. Р. Безусловно, в будущем торфу предстоит сыграть в мировом тепловом хозяйстве, а в особенности в С. С. С. Р., значительную роль, но отсрочить истощение мировых запасов топлива на значительный срок таким путем невозможно.

---

8. Ветер—работник.

Вода и уголь имеют брата, который служит нам с незапамятных времен. Это—ветер.

Когда солнце нагревает море и заставляет воду его испаряться, оно нагревает одновременно и воздух над морем, который поднимается вверх, охлаждается и, спускаясь на землю, снова устремляется к морю. На этом пути воздушные течения, называемые нами **ветрами**, принимают испарившуюся воду в виде пара, который, охлаждаясь, падает на землю в виде дождя, снега или града. Таким образом, силы ветра и воды происходят от солнца, а кругооборот этой подогретой воздушной влажной массы напоминает колоссальную грузоподъемную машину, состоящую из громаднейшего парового котла—моря, постоянно дающего, благодаря нагреву солнца, пар, и из такого же колоссального холодильника—земли и окружающего ее воздуха, сгущающего пар из воздушной массы. Этой водой питаются все текучие воды на земном шаре. Этот же круговорот создает воздушные течения, ветры, энергия которых может быть использована **ветряными двигателями**.

Как велика энергия ветра? Либе недавно опубликовал работу, в которой оценивает мощность среднего ветра, могущую быть использованной, минимум в 50—100 ватт на каждый квадратный метр поперечного сечения воздушного потока на высоте 10—20 метров над земной поверхностью. Согласно этому подсчету, энергия воздушной стихии должна быть оценена в несколько раз выше, чем энергия текучей воды. Однако, она складывается из отличающихся друг от друга величин. Так, например, рабочий эффект бури нужно считать во много тысяч раз превосходящим рабочую силу обыкновенного ветра, между тем как моменты затишья или очень слабых ветров совсем или почти ничего не дают. Вот это-то непостоянство энергии ветра и является причиной того, что она до сих пор не может быть использована для промышленных целей в более или менее значительном масштабе. Правда, в Аргентине до войны работало ежегодно около 12000 воздушных турбин, а в Германии к 1900 г. число их достигало уже 15000. Но все они действовали в небольших предприятиях, преимущественно для размалывания зерна, накачивания и откачивания воды и кое-где для получения электрической энергии. Одна только Дания, не имеющая угля и водяных сил, но зато в избытке богатая ветрами, обратила более или менее серьезное внимание на использование воздушной энергии с хозяйственными целями. Лет семь тому назад она дала своему выдающемуся физику Ла-Куру обширные средства для изучения данного вопроса в специально для этого построенном здании. Результатом этого явился изобретенный Ла-Куром очень производительный воздушный мотор, благодаря которому старинная ветряная мельница может

снова занять подобающее место в ряду новейших двигателей. До настоящего времени в Дании построено около 70 таких воздушных двигателей, силой каждый в 150 лошадиных сил, покрывших сетью всю страну. Но и им приходится, конечно, бороться с непостоянством ветров. Избегают этих неудобств тем, что заставляют работать динамомашины, приводимые в движение воздушными двигателями, не прямо на сеть, но заряжают получаемым от них током аккумуляторную батарею, которая и питает потом сеть. Так как при таком устройстве можно пользоваться силой ветра и при его отсутствии, то снабжение сети энергией, если долго нет ветра, тем не менее, обеспечено.

В Германии, на равнинах которой постоянно имеется много ветров, в последнее время также обращено серьезное внимание на возможность использования воздушной энергии. Здесь создали новый воздушный двигатель, во многих отношениях превосходящий лакур'овскую крестообразную ветряную мельницу. Но и здесь дело не дошло до использования силы ветра в широком масштабе, хотя Союз немецких инженеров, всесторонне изучивший этот вопрос, высказал в лице особой комиссии, что широкое использование этой силы в некоторых местностях было бы весьма желательно. Применение дорогих аккумуляторных батарей отвергнуто, а необходимый запас энергии создается тем, что работающие силой ветра турбины накачивают воду в высоко помещенные резервуары, из которых потом питают турбодинамомашины. Таким путем надеются с удобством снабжать током, необходимым для работ, прежде всего мелкие ремесленные производства и сельское хозяйство в таких местностях, которые не пользуются током от центральных установок.

Сельскохозяйственная промышленность могла бы при этом пользоваться отработанной водой для искусственного орошения своих огородов и садов.

Какую работу может произвести насос, работающий силой ветра, об этом свидетельствует большая воздушная турбина, находившаяся в действии в последний год войны в Риде у Гарлингена (в Голландии). Речь идет о воздушном колесе диаметром в 15 метров, помещенном на стальной башне вышиной в 16 метров, и предназначенном для осушки болота, находящегося на 1,3 метра ниже уровня моря. Для подъема воды служит водоподъемный винт диаметром в 1,8 метра. Это приспособление дает при обычной скорости ветра в 8 метров в секунду около 63 000 литров воды в 1 минуту в среднем, т. е. оно может в течение одной минуты наполнить водою куб, ребро которого равно 4 метрам.

Мы видим, стало быть, что существуют всевозможные прекрасные приспособления для использования силы ветра. Но, несмотря на это, в деле использования энергии воздушной стихии мы количественно едва ли далеко ушли по сравнению с тем, что было во времена доисторические, так как до сих пор еще пропадают бесполезно миллиарды лошадиных сил в виде неиспользованных ветров. И никто не сумеет сказать, сможем ли мы когда-нибудь использовать их, так как именно перед мощной силой ураганов оказываются несостоятельными наши технические средства, которые ломаются и уносятся ими, как игрушки.

———

9. Солнце под ярмом.

Текущая вода и шумящий ветер—эти дети солнца—невольно направляют наш взор на могучее дневное светило, которое является в то же время отцом угля: в первобытных деревьях заключена и погребена глубоко под землей солнечная энергия. Мы знаем, что солнце, не переставая, снабжает нас колоссальными количествами тепла. Спрашивается, нельзя ли прямо использовать его энергию?

Попытка хотя бы приблизительно подсчитать заключающуюся в солнечном лучеиспускании энергию дает колоссальные цифры. Земной шар получает только $^{1}/_{225.000.000}$ солнечного излучения; остальная часть целиком теряется в мировом пространстве. Но даже и эта маленькая часть, использованная должным образом, была бы в состоянии давать, по расчетам Ланглея, 350 биллионов лошадиных сил. Это — цифра, о которой мы не можем иметь даже приблизительного представления. Поэтому другой расчет более удобен. На каждый квадратный метр поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам, в минуту приходится 20 единиц тепла (калорий) солнечного излучения, т. е. мощность солнечного излучения на каждый квадратный метр поверхности равна почти 2 лошадиным силам. Стало быть с 1 квадр. километра поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам, теоретически—при 100% полезного действия—можно получить 2 000 000 лошадиных сил, а при 10% полезного действия—200 000 лошадиных сил. Часть солнечного излучения поглощается атмосферой, особенно по утрам и вечерам, когда лучи должны про-

ходить значительно большую толщу воздуха, чем в полдень. Ночью же излучения вовсе нет. Поэтому можно принять, что 1 кв. км в течение года получает энергию равную, при использовании 10% ее, работе в 75 000 лош. сил в год. Так обстоит дело, когда лучи падают на землю отвесно. Если они падают наклонно, то, во-первых, на квад. километр поверхности земли приходится меньше лучей, а во-вторых, проходя более длинный путь в атмосфере, они сильнее поглощаются. Можно принять, что в среднем 1 кв. км. поверхности земли получает за год солнечную энергию равную 250 000 годовых лошадиных сил, что при использовании 10% дает 25 000 лош. сил. Современная паровая машина потребляет для развития одной лошадиной силы в течение года непрерывной работы около 4 тонн угля. Поэтому потребленные в 1920 г. 1 300 миллион тонн угля, превращенные целиком в механическую энергию, соответствуют 325 000 000 годовых лошадиных сил. Для получения этой работы от солнца необходимо всего 13 000 квадр. километров земной поверхности, т. е. площадь, соответствующая едва $^1/_3$ части всей Швейцарии. И если бы нам удалось превратить в полезную форму, скажем— в электричество, хотя бы только то количество лучистой энергии, которое солнце из года в год излучает на 6 милл. квадратн. километров поверхности Сахары, то человечество сразу было бы избавлено от всяких забот о своем будущем. Тогда солнце вращало бы тысячи колес, которые теперь вращают уголь и вода. Солнце стало бы слугою человека, неутомимым, добровольным и совершенно бесплатным.

Мысль использовать лучистую энергию солнца с практической целью мы встречаем уже в глубокой древности

в различных формах. Уже Герон за 100 лет до Р. Х. описал в своем сочинении «Pneumatica» водоподъемную машину, действовавшую солнечной теплотой. Но только с изобретением паровой машины удалось перейти от мечтаний к осуществлению. Только паровая машина дала возможность подойти к вопросу с практической стороны, и решение оказалось даже очень простым. Ведь нужно всего-на-всего вскипятить воду в паровом котле, и этим паром заставить работать паровую машину. Разве это недостижимо? Еще в 1747 г. Бюффону удалось при помощи системы зеркал добыть столько тепла, что железо и медь были расплавлены в течение 40 секунд, а с помощью рефлектора диаметром в 2,6 метра он зажег на расстоянии в 68 метров еловое дерево, покрытое смолой.

Чтобы посредством солнечной энергии вскипятить воду в паровом котле, нужно, во-первых, собрать энергию солнечных лучей с большой площади в одно место, а во-вторых, предохранить эту собранную энергию от рассеяния: ведь если земная поверхность не раскаляется от жгучих лучей солнца — это происходит благодаря тому, что она излучает их обратно в мировое пространство.

Собирать солнечные лучи можно двумя способами: посредством двояковыпуклых стекол (чечевиц) и посредством зеркал. Всякий может использовать солнечную энергию с помощью чечевицы (увеличительного стекла): в ясный солнечный день, безразлично зимой или летом, можно с помощью такого стекла разжечь папиросу. Но применение стеклянных чечевиц путь крайне невыгодный. Дело в том, что лучистая энергия солнца состоит не только из видимых световых лучей, но и из лучей невидимых, темных, для которых стекло мало

прозрачно. Благодаря этому значительная часть упавшей на стекло лучистой энергии задерживается стеклом. Поэтому собирание лучей с помощью зеркал гораздо выгодней. При этом, однако, не следует прибегать к обычным зеркалам-стеклам, задняя поверхность которых покрыта амальгамой, так как при этом лучи проходят через стекло и отражаются от задней поверхности его. Целесообразней всего употребить в дело зеркала из полированных металлических пластинок или стеклянных пластинок с посеребренной и отполированной передней поверхностью.

Что касается до предохранения собранной энергии от рассеяния, то здесь можно прибегнуть к простому способу, который издавна применяется на парниках.

Парник представляет собой ящик со стеклянной крышкой и черными внутренними стенками. Солнечные лучи, пройдя через стеклянную крышку, поглощаются землей и черными стенками ящика. Земля и стенки нагреваются и начинают в свою очередь испускать лучи, но, главным образом, темные, невидимые, которые не могут выйти из ящика через стеклянную крышку. Таким образом получается как бы ловушка для солнечной энергии. Подобную же ловушку устраивают и в солнечном двигателе, окружая котел, на который солнечные лучи направляются зеркалами, стеклянным футляром. Наружные стенки котла покрывают сажей, потому что поверхность, покрытая сажей, лучше поглощает лучистую энергию, чем всякая другая.

Эти простые соображения лежат в основе всех проектов солнечных двигателей.

За последние 50 лет этим вопросом занималось очень много людей—любителей и специалистов-инже-

неров. Во главе их стоит Джон Эриксон [1]), изобретатель судового винта и мониторов—броненосных судов, мало возвышающихся над водой. Эриксон родом швед, второй родиной его стала Америка. Начав свои исследования в 1868 г., он неутомимо вел их в течение 15 лет. Для собирания солнечных лучей он пользовался вогнутым зеркалом, составленным из посеребренных стеклянных пластинок, вращавшимся на железном основании, так что оно легко могло следить за движением солнца. На фокальной линии этого зеркала был установлен небольшой цилиндрический паровой котел, окруженный для защиты от потерь тепла стеклянным футляром. Собранная таким зеркалом солнечная теплота быстро превращала воду в пар, а последний приводил в действие небольшую паровую машину. В общем, до 1883 г. Эриксон построил 9 или 10 таких зеркал («солнечных двигателей»), отличавшихся друг от друга некоторыми деталями. Но устройство их обходилось так дорого, что угольные паровые машины, не смотря на дороговизну угля, обходились все же дешевле. В конце концов Эриксон, потеряв веру в успех своего дела, отказался от своего плана.

Перечислять здесь его последователей отняло бы слишком много времени, но Кауш в своей недавно появившейся книге о непосредственном использовании солнечной энергии принимает число их равным чуть ли не ста. Конечно, большинство проектов осталось на бумаге, практически же были использованы только некоторые из этих изобретений, преимущественно в стра-

---

[1]) Д. Эриксон —неутомимый и талантливый изобретатель, неудачный соперник Стефенсона на известном состязании паровозов в 1829 г. Умер глубоким стариком в 1889 г.

нах с жарким климатом, с небольшим количеством атмосферных осадков и постоянным солнечным излучением, где высокая стоимость угля уже теперь создает благоприятные условия для конкуренции с ним.

Типичным солнечным двигателем, усовершенствованным Эриксоном из старого образца, является сооруженное им в 1902 г. на страусовой ферме в южной Калифорнии зеркало, действующее и поныне. Для собирания солнечных лучей служит изображенный на рис. 2 сбоку огромный конический зеркальный щит, который имеет в диаметре 10 метров и 5 метров глубины и состоит из 1788 небольших плоских зеркал. Он покоится на легком железном основании, устройство которого видно на рисунке, и помощью особого часового механизма вращается все время за солнцем вместе с трубчатым паровым котлом, расположенным на оси зеркала. При 4 метрах длины паровой котел этот вмещает в себе 670 литров воды. Он покрыт черной тканью, поглощающей тепло. Нагревание солнечным излучением так велико, что спустя уже один час после восхода солнца котел дает пар давлением в 12 атмосфер, приводящий в движение машину в 15 лошадиных сил. Последняя приводит в движение насос, качающий в 1 минуту 6 куб. метров. воды, и динамо-машину, питающую своим током большую аккумуляторную батарею и различные вентиляторы. Отработанный пар, сгущенный в воду, проводится обратно в котел. Установленное как следует при восходе солнца, все сооружение это самостоятельно работает до самого вечера.

Подобных солнечных двигателей в Калифорнии и Перу существует несколько. И в Париже лет 20 тому назад можно было видеть такое же сооружение. Главный

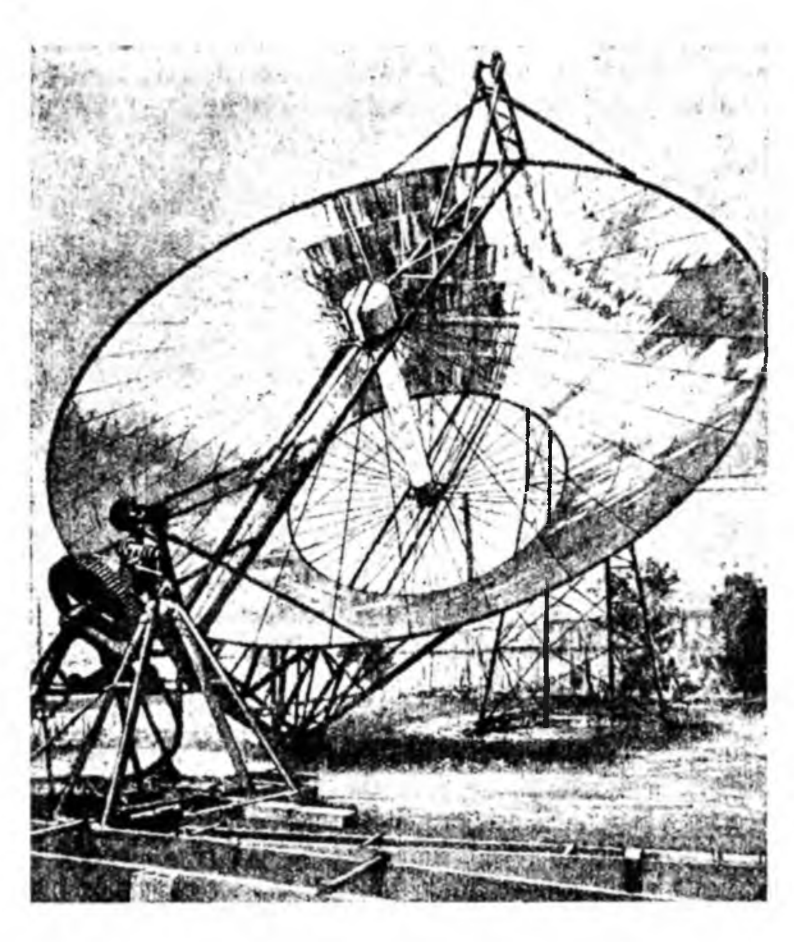


Рис. 2. Зеркало и паровой котел солнечного двигателя в Лос Анджелосе. Зеркало имеет форму усеченного конуса; по оси его расположен паровой котел, окруженный стеклянным футляром. Приспособление, видное слева, позволяет поворачивать зеркало вслед за солнцем.

недостаток всей этой системы заключается в самом большом зеркале, сооружение которого дорого стоит и содержание которого обходится не дешево, так как поддержание в блестящем полированном состоянии такой большой и притом мало доступной для осмотра и ремонта поверхности отнимает много времени и труда Это обстоятельство побудило американца **Зумана**, являющегося в настоящее время наиболее счастливым работником в этой области, совершенно отказаться от большого вогнутого зеркала и заменить его с большим успехом множеством маленьких зеркал.

В своих первых опытах лет около 15 тому назад Зуман заставлял действовать солнечные лучи непосредственно на зачерненные кипятильные трубки парового котла, отличающегося от обыкновенных котлов своей плоской формой. Для избежания потерь тепла путем излучения паровой котел располагался в особом деревянном помещении за двойными стеклянными стенками, разделенными тонким слоем воздуха. Для наполнения его бралась не вода, но гораздо легче испаряющийся эфир. Полученный пар приводил в движение двигатель в 3,5 лиш. сил, работавший парами эфира. Однако, этот опыт показал, что концентрации лучей зеркалами нельзя избежать, когда нужно произвести работу более или менее значительную. Поэтому Зуман в дальнейших опытах, произведенных им в 1911 г. в Такони близ Филадельфии, опять обратился к помощи зеркал. Но он устроил не одно большое дорого стоящее вогнутое зеркало, которым трудно пользоваться, а множество маленьких плоских зеркал из дешевого стекла, которые он вставлял одно возле другого в железные рамки и таким образом получал громадные

зеркальные поверхности. Само собою разумеется, что при этом был иначе конструирован и паровой котел. Зуман устроил его в виде множества маленьких железных ящиков (испарителей), дававших свой пар в общую систему паропроводных труб, так что общее количество пара слагалось из отдельных поступлений. Таким путем было получено дешевое сооружение, легко доступное осмотру и чистке. Оно легко исправлялось и не требовало опытных служителей. Оно не боялось бурь и ветров, и его можно было так усовершенствовать, что оно могло совершать огромную работу (в 1000 и более лошадиных сил); при этом во всякое время можно было устранять или заменять отдельные части его, не нарушая общего хода работы. Одним словом, в нем впервые получился солнечный двигатель, годный для хозяйственных целей.

Испарители, покоящиеся на низких железных основаниях, представляют собою, как это видно на рис. 3, плоские жестяные ящики, сверху покрытые двойными оконными стеклами с промежутками для воздуха, а снизу имеющие толстые слои пробки для предупреждения потерь тепла. Все сооружение имеет 572 таких ящика, расположенных в ряд по 22, так что в общем они составляют 26 паровых котлов. Они помещены в две группы по обеим сторонам паропроводной трубы, куда поступает из них пар. Через трубу 2 испарительные ящики питаются водой. У продольных стенок ящиков помещаются плоские зеркала 4,4, которые легко наклоняются наружу. Они собирают и концентрируют солнечные лучи на ящиках, которые поворачиваются на своих подставках так, что всегда направлены перпендикулярно к солнечным лучам. Пар, получающийся в ящиках, питает паро-

вую машину низкого давления, которая приводит в движение поршневой насос. Последний при произведенных опытах поднимал 12 000 литров воды в 1 минуту на высоту в 11 метров, что соответствует работе 30-сильной машины. Отработанный пар проводится в холодильник, сгущается здесь в воду и затем снова поступает в котлы. Таким образом, расход питательной воды очень невелик, что имеет, конечно, большое значение в жарких странах.

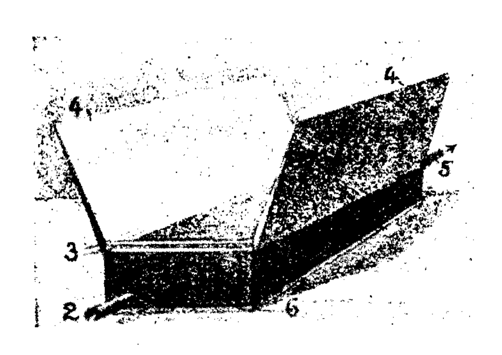


Рис. 3 **Испаритель солнечного двигателя в Таконы.** Он представляет собой плоский железный ящик—1, покрытый двойной стеклянной крышкой—3. Зеркала—4, 4—отбрасывают падающие на них солнечные лучи на ящик. Через трубку—2 в ящик протекает вода; образующийся пар отводится трубкой — 5. Чтобы тепло не уходило через дно ящика, сделана пробковая прослойка—6.

Сооружение это показало на деле, что получение пара значительно затрудняется сыростью, дымом, туманом и окружающим воздухом, и что солнечные двигатели описанного типа практичны только для сухого климата, лучше всего для местностей с температурой от 45 до 60° Ц, как, например, Египет, округа месторождений серы в Чили, Аризона, Невада, Новая Мексика и Южная Калифорния,

если желательно ограничиться только населенными местностями. В них солнечный двигатель нашел бы широкое применение при орошении страдающих от недостатка воды культур, и здесь он мог бы быть основательно усовершенствован и испытан для практического применения в будущем.

Руководствуясь такими соображениями, основанная Зуманом Компания избрала для опытов в бóльшем масштабе Египет, местность с обильным солнечным излучением.

Испытываемая здесь летом огромная нужда в воде создает прекрасные условия для доказательства пригодности солнечных двигателей для орошения жарких стран. Угольными двигателями здесь пользоваться невозможно, так как необходимость привозить уголь издалека делает его очень дорогим. В виду этого орошение огромных хлопчато-бумажных полей в Египте совершается до сих пор примитивным путем при помощи грузоподъемных машин и водочерпательных колес, приводимых в действие людьми или животными.

Солнечный двигатель в Египте был пущен в ход летом 1912 г., именно в Миди, в местности, лежащей на 15 километров южнее Каира, на самом берегу Нила. Он значительно усовершенствован по сравнению с двигателем в Такони. Для собирания солнечных лучей изобретатель воспользовался здесь, как это видно на рис. 4, особыми параболическими зеркалами, составленными из маленьких плоских зеркал, вделанных в полукруглые стальные рамки. Всего имеется 5 параболических зеркал, общая длина которых достигает 61 метра при ширине около 4 метров. Испарители, в виде железных ящиков, по виду похожих на сундуки, последова-

тельно подвешены на железных штангах по фокальной оси зеркал. Пар приводит в действие 50-сильную паровую машину, которая помещается здесь же под навесом. Под этим же навесом помещается и поршневой насос. Большая паровая труба связывает все пять рядов испарителей с машиной.

Зеркала в своих полукруглых рамках вращаются на роликах, так что их легко поворачивать на основании. Они автоматически следуют за солнцем. На рис. 4 зеркала поставлены соответственно полудню. Рано утром зеркала поворачиваются на восток и после этого уже никто к ним не прикасается—само солнце вращает их при помощи лучесобирателя—специально для этого изобретенного Зуманом электрического аппарата, начинающего немедленно работать, как только солнечные лучи коснутся двух небольших пластинок его.

Пластинки эти устроены так, что помещаются в тени испарителей, когда зеркала полностью повернуты к солнцу. Вследствие движения солнца положение это постоянно меняется, при чем тень, покрывающая пластинки, становится все меньше, пока, наконец, солнце не коснется их. При этом возбуждается электрический ток, который приводит в движение аппарат, при чем рамки зеркал поворачиваются, пока пластинки опять не попадут в тень.

Сначала приходилось в Миди бороться с некоторыми неудачами. Между прочим не расчитали как следует количество поглощаемого тепла, так что легкие испарители чуть не расплавились от жара. Но с 1913 года двигатель работает вполне удовлетворительно и орошает около 200 гектар хлопчато-бумажных плантаций, при чем ежедневно находится в действии 10 часов.

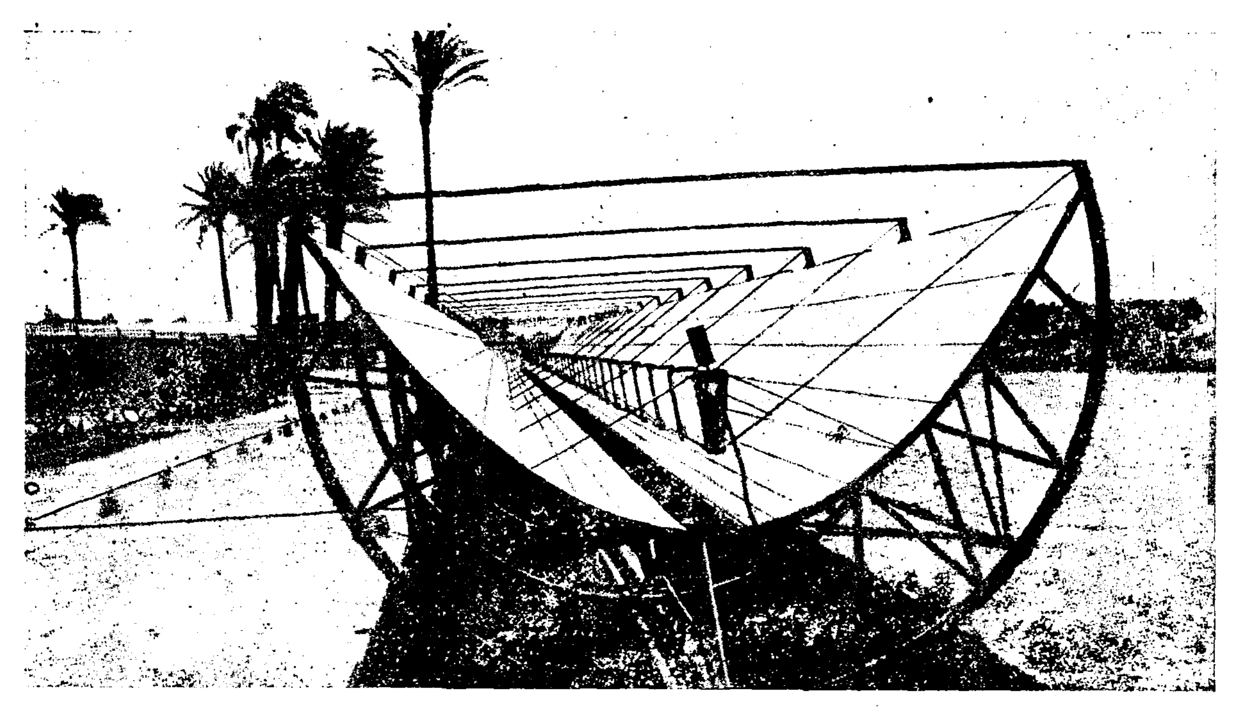


Рис. 4. **Собиратель солнечных лучей солнечного двигателя в Миди.** Зеркало имеет форму параболического цилиндра. На фокальной оси его расположены испарители. Слева виден каркас второго такого же зеркала.

Важен, конечно, вопрос, в каком отношении находятся расходы по эксплоатации такого двигателя к двигателю одинакового действия, работающего углем. О современных условиях у нас нет никаких данных. Но до войны считали, что солнечные двигатели могут успешно конкурировать с угольными двигателями там, где тонна угля дороже 5 рублей. Если же уголь дешевле, то преимущество на стороне паровой машины. Подсчитав цены на уголь в довоенное время, державшиеся в некоторых странах, мы увидим, что почти повсюду на юге тонна угля стоила больше 10 рублей, а в Египте, Перу, Чили и Южной Африке цена его обыкновенно доходила даже до 30—35 рублей. Война значительно ухудшила еще эти условия. Можно поэтому определенно сказать, что солнечный двигатель уже и сейчас во многих странах, главным образом для целей орошения и добывания электрической энергии, практичнее угольного. Но это не разрешает еще сути задачи. Дело здесь не в том, чтобы установить, что именно может дать солнечный двигатель в том или другом случае, а в том—можно ли в будущем, вообще, расчитывать, что он сможет снабжать энергией весь земной шар. Для этого нужно прежде всего знать, где именно возможна деятельность солнечных двигателей. Результат сделанных в этом отношении исследований представлен на рис. 5: только в зачерненных местностях достаточно ясных солнечных дней и воздух настолько чист и прозрачен, что солнечное излучение достигает достаточной силы. Это, именно, преимущественно в больших пустынях Африки и Австралии, в тропиках и на плоскогориях внутренней Азии, т. е., в общем, в странах, климат которых делает невозможным усиленный физический и умственный труд. Поэтому было бы невозможно

наново завести в этих местностях промышленность, если бы недостаток угля убил ее там, где она теперь существует. Широкая промышленность связана, повидимому, с таким климатом, который свойствен средней Европе и средней Америке. Поэтому и в будущем нужно было бы сохранить старые промышленные центры; но так как малая продолжительность и непостоянство солнечного сияния, а также низкое стояние солнца и связанные

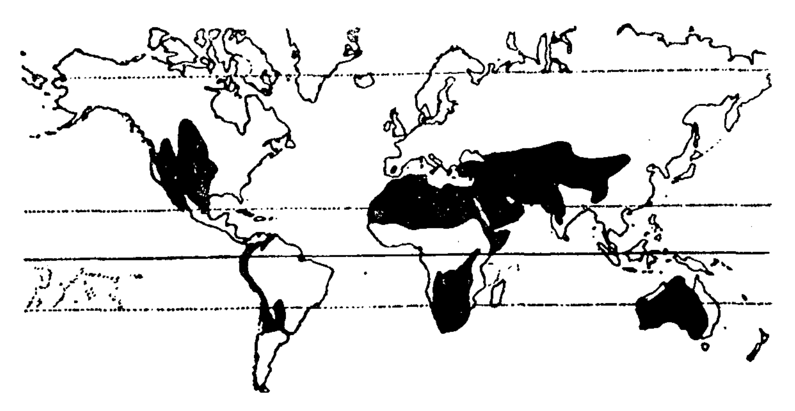


Рис. 5. **Применение солнечных двигателей возможно только в тех местностях, которые зачернены на этой карте.**

с ним наклонные лучи делают невозможным использование солнечной энергии указанным путем, то солнечной энергией, выходит, можно пользоваться только под тропиками и в пустынях. Но задача передачи энергии, добытой солнечными двигателями, из этих местностей в современные промышленные центры пока представляется технически неразрешимой.

10. Естественный собиратель солнечной энергии.

Это положение дела подавало многократно повод, вообще, считать такой путь применения идеи солнечного двигателя неправильным уже потому, что при этом используется только незначительный процент солнечной энергии. Но, спрашивается, какой же другой путь возможен?

Приверженцы нового пути ссылаются в доказательство его возможности на растения, листья которых также являются своего рода солнечными двигателями. В крошечных хролофиловых зернах, наполняющих все клеточки растительного листа, происходит при солнечном свете продолжительный химический процесс, при котором неорганическая материя превращается в органическую. При этом углекислый газ (CO_2), выдыхаемый в воздух людьми и животными, а также образующийся при гниении органических масс и горении, разлагается на углерод (C) и кислород (O); растения превращают отщепленный и усвоенный углерод сперва в сахар, а потом в крахмал. Необходимую для этого энергию они получают от солнца, так как этот процесс расщепления возможен только при солнечном свете.

Сущность процесса ассимиляции угольной кислоты нам еще совершенно неизвестна и воспроизвести его искусственно мы не можем.

Но мы можем воспользоваться для этого растениями, заставив их использовать для нас солнечную энергию,

благодаря их способности накоплять ее в форме химических продуктов. Технические возможности этого нового пути основательно исследовал несколько лет тому назад итальянский химик Джакомо Циаминцион. По его вычислениям земля производит ежегодно 32 миллиарда тонн растительных сухих веществ, теплотворная способность которых при сгорании соответствует таковой же 18 миллиардов тонн угля. Годовое мировое потребление угля исчисляется, как мы уже знаем, в 1,3 миллиарда тонн, так что теплообразовательный эффект годовой продукции растительности превосходит нашу теперешнюю потребность в угле почти в 14 раз. Но количество произрастающей на земле растительности можно несомненно увеличить по Мейеру даже в наших широтах в четыре раза против теперешнего, а в тропических странах и гораздо больше. Таким образом, очевидно, что возможность заменить таким путем уголь для отопления и технических целей не подлежит сомнению, даже в том случае, если потребность в нем во много раз увеличится: для этого нужно превратить в газ обычным путем только часть ежегодно производимой землей растительности. Полученной при этом энергией можно будет варить, топить и при посредстве газовых двигателей приводить в действие машины. Однако, огромное затруднение возникает в связи с вопросом о перевозке растительного топлива, которое значительно менее компактно и обладает меньшей теплоемкостью, чем каменный уголь, что делает перевозку его на большие расстояния крайне невыгодной.

11. Солнце на службе химии.

Сказанным выше отнюдь еще не исчерпывается вся задача по использованию солнечной энергии через растения. Прежде всего при превращении в газ растительных сухих веществ, как и при превращении в газ угля, можно было бы получать много ценных побочных продуктов. Затем у нас есть много растений, которые непосредственно дают высокоценные в торговле вещества, как, например, каучук, индиго, камфору, копру, ядра кокосовых орехов и многие другие.

Это обстоятельство, разумеется, должно быть учтено. В настоящее время часть этих продуктов приготовляется искусственным путем. Однако, при рациональном ведении сельскохозяйственной промышленности можно было бы их получать значительно дешевле естественным, а не лабораторным путем. Новейшие исследования показали возможность, с одной стороны, сильно увеличивать продуктивность растений в отношении некоторых веществ, а с другой—приспособлять их к произведению обычно несвойственных им веществ, например, заставить маис путем соответствующей прививки производить салицин.

Наконец, Циаминцион указывает еще один путь использования солнечной энергии, на который до сих пор не обращали серьезного внимания, именно: на применение солнечного света для создания некоторых химических процессов. Эта область, если не считать фотографии, где

она имеет известное практическое приложение, пока еще находится в младенческом периоде развития. Можно было бы, например, попробовать искусственно воспроизводить ассимиляционный процесс, при котором растения, как мы только что говорили, превращают углерод в крахмал при одновременном выделении свободного кислорода. «Этот процесс представляет собой процесс обратный обыкновенному горению. До сих пор считали всегда вероятным, что первым ассимиляционным продуктом является формальдегид. И действительно, Курциус недавно доказал присутствие формальдегида в листьях букового дерева. Искусственное воспроизведение подобного процесса с помощью ультрафиолетовых лучей удалось Даниэлю Бертело. Почему же, спрашивается, нельзя проделать с некоторыми изменениями такие же процессы в тропических странах и почему далее невозможно рациональным образом использовать лучи, проходящие через всю атмосферу и достигающие поверхности земли?

«Что это возможно, доказывают растения. Соответственно этому было бы также возможно с помощью подходящих катализаторов создать из воды и углекислого газа кислород и метан или выявить другие эндо-энергетические процессы. Пустынные местности, находящиеся под тропиками, где вследствие слишком жаркого климата и бесплодной почвы ничего не родится, могли бы служить для того, чтобы в них использовать солнечную энергию, которою они так богаты....

«Помимо этого процесса, при котором можно было бы использовать части, пропадавшие до сих пор при горении, есть еще и другие, вызываемые ультрафиолетовыми лучами, могущие, однако, возникать и под влиянием обыкновенных световых лучей при том предположении,

что будут найдены для них подходящие поглотители. Синтез озона, трехокиси серы, аммиака, окислов азота, равно и некоторые другие синтезы могли бы, таким образом, найти место в фотохимической промышленности» [1]).

Точно также и приготовление фотохимическим путем некоторых красок и красящих веществ имеет очень большие виды на будущее. До сих пор ограничивались изучением влияния света на обесцвечивание и другие фотохимические изменения красящих веществ. Не подлежит, однако, сомнению, что возможно создавать краски с помощью солнечного света, так как есть уже ободряющие опыты в этом направлении. Между прочим, мы знаем, что свет имеет огромное значение, именно, в органической химии: появление многих веществ возможно только под влиянием солнечных лучей. «Фотохимия доказала, что такое влияние оказывают только лучи с определенной длиною волны, поглощаемые данными веществами при естественных условиях. Хлор и вода, дающие при свете с длинными волнами, т. е. при желтом и зеленом свете, соляную кислоту, снова разлагаются при ультрафиолетовом свете, имеющем короткие волны. Химическое действие световых лучей спектра, в общем, увеличивается от красного к синему и достигает максимума в ультрафиолетовых лучах. Мы и теперь уже в состоянии вызывать определенные химические действия с лучами определенной длины, и в будущем, по всем вероятиям, нам удастся еще лучше овладеть этими свойствами света. Нам удастся с помощью лучей определенной длины создавать определенные группы органических красящих веществ, отводить им заранее предназначенные

---

[1]) Д. Циаминцион, «Фотохимия будущего» (1913, Штутгардт).

для них места,—иначе говоря, мы сумеем до известной степени распоряжаться светом»[1]).

Таким образом, химия открывает нам широкие возможности использования солнечной энергии, за которые в недалеком будущем неизбежно придется взяться. «Там, где растительность представляется роскошной—говорит Циаминцион—придется фотохимическую работу передать растениям и с их помощью путем рациональной культуры почвы использовать солнечную энергию для технических целей. Зато в пустынях, где нельзя развить никакой сельскохозяйственной культуры, для практического использования солнечной энергии в первую очередь послужит чистая фотохимия. В этих бесплодных местах возникнут промышленные предприятия без дыма и без заводских труб. В стеклянных помещениях и в трубах там будут разыгрываться такие фотохимические процессы, которые до сих пор были доступны только растениям и которые отныне человек использует для своих выгод. И когда в отдаленном будущем запасы угля истощатся, культура на земле все-таки не погибнет, пока будет сиять солнце».

12. Солнце на службе электрохимии.

Подобным накоплением солнечной энергии в форме химических продуктов разрешается только одна часть задачи. Второю частью ее является вопрос, каким образом переправлять в большие промышленные центры

[1]) В. Дур. «Задачи фотохимии». В «Technische Rundschau» (Берлин) 1914 г. Тетр. 47.

умеренных стран ту энергию, которая будет накоплена в тропических местностях? Поскольку речь идет о веществах непосредственно утилизируемых — дело ясно, но совершенно иначе обстоит оно, когда мы имеем дело с соединениями, предназначенными исключительно для создания механической энергии. Здесь речь может итти опять о получении электрической энергии, так как транспорт больших масс обходится очень дорого. Но если получение электричества является конечной целью этого превращения, то сам собою является вопрос, нельзя ли обойтись без окольного пути через эти химические соединения, т. е., нельзя ли непосредственно превращать солнечный свет в электричество подобно тому, как прямо превращается в него тепло? Когда задумаешься над этим вопросом, то приходит сейчас же на ум, что свет и электричество—это два рода волнового движения, которые отличаются не своею сущностью, а только длиной своих волн. Длина световых волн колеблется между 0,8 и 0,4 тысячных миллиметра, а самые длинные электрические волны, применяемые в радиотелеграфии, достигают многих километров, а самые короткие—только 3 миллиметров. До сих пор наука тщетно пыталась найти средства, при помощи которых можно было бы изменять длину данных волн, так что этот путь совершенно не годится. Но есть другой путь, указываемый нам химией. Помимо тех фотохимических процессов, о которых мы говорили выше и которые ведут к образованию так называемых стойких продуктов, т. е. таких веществ, которые остаются такими же и при прекращении влияния на них света и не превращаются обратно в свои первоначальные составные части, бывают такие случаи, где, благодаря фотохимическим процессам, образуются

соединения, распадающиеся в темноте снова на свои составные части. При этом собранная химическая энергия освобождается в форме электрических токов. В больших размерах это дает возможность накоплять лучистую энергию света в форме химических соединений и по желанию извлекать ее в виде электрической энергии. Таким образом, мы имели бы не что иное, как «световой аккумулятор», т. е. такую химическую машину, которая была бы по отношению к свету тем же самым, что свинцовый или никкелево-железный аккумулятор по отношению к электричеству.

В действительности такого аккумулятора, конечно, еще нет, но были попытки создать его, попытки, результаты которых дают прекрасные надежды на будущее. Они связаны с именем главным образом Хр. Винтера, который сообщает в «Zeitschrift für Electrochemie» (18, 138 [1912]) подробные сведения о них. Если находящиеся в водном растворе хлористое железо и двухлористую ртуть (сулему) подвергнуть действию ультрафиолетовых лучей, то двухлористая ртуть отдаст часть своего хлора и превратится в однохлористую ртуть (каломель), а хлористое железо присоединит этот хлор к себе и превратится в хлорное железо. Но в темноте процесс идет в обратном порядке: хлорное железо и каломель очень медленно самостоятельно превращаются снова в хлористое железо и сулему, при чем заключающуюся в них солнечную энергию можно при помощи специальных приспособлений получить в виде электрического тока. Предназначенный для этого аппарат представляет собою закрытую снизу воронку, разделенную платиновой пластинкой с отверстиями на верхнюю и нижнюю части. На этой платиновой пластинке находится слой листового

асбеста. Воронку наполняют водным раствором хлористого железа и сулемы и подвергают действию света сверху. Образующаяся при этом однохлористая ртуть (каломель) опускается на дно и отлагается в виде плотного слоя на асбесте. Жидкость же, находящаяся в нижней части воронки, остается неизмененной. После нескольких часов действия аппарат помещают в темное пространство. Если теперь в верхний слой жидкости ввести платиновый электрод и соединить его через гальванометр с продыравленной платиновой пластинкой, являющейся вторым электродом, то сейчас же появляется электрический ток, отмечаемый гальванометром.

Когда опыт производили под действием света дуговой ртутной лампы, богатой химически активными ультрафиолетовыми лучами, то получались токи напряжением до 90 милливольт, между тем как солнечный свет давал максимум только 30 милливольт. Такое напряжение тока оставалось постоянным в течение многих дней. При коротких замыканиях между обоими электродами получался ток силою в 1 миллиампер.

Больших количеств энергии таким путем получить невозможно, и все это явление представляет пока еще только чисто научный интерес, так как оно основано на действии ультрафиолетовых лучей, т. е. лучей с короткими волнами, которые в значительной мере поглощаются при прохождении солнечного света через атмосферу. Химический процесс, результатом которого явился бы световой аккумулятор, имеющий практическое значение, непременно должен основываться на действии лучей с длинными волнами, именно оранжевых, желтых или зеленых, с помощью которых и в природе происходит процесс разложения углекислоты и ассимиляции угле-

рода. Является ли, наконец, превращение в электрическую энергию во всех случаях наилучшим исходом— также еще не решено. Во всяком случае, часть накопленной солнечной энергии, необходимой для целей освещения, должна была бы быть непосредственно использована путем создания света без превращения в электрическую энергию. Мы знаем довольно много веществ, которые, будучи подвергнуты действию сильного света, потом в темноте светятся.

Механизм этого явления, однако, нам еще совершенно неизвестен; от лабораторных опытов в этом направлении до технически годного освещения еще длинный путь. Но путь этот нам указан, и если зарождающаяся теперь фотохимия так же разовьется, как ее сестры термо- и электрохимия, то мы в праве ожидать, что она окажет громадное влияние на будущую технику.

---

3. Вулканические силы на службе человечеству.

В начале наших соображений о солнечной энергии мы приняли мощность ее на земле равной 350 биллионам лошадиных сил. Как ни бесконечно велика эта цифра, но она оказывается малой по сравнению с другими запасами энергии во вселенной. Так, например, неизмерима больше та энергия, какую мы находим в процессах вращения планет вокруг своих осей и вокруг солнца, так как здесь мы имеем дело с колоссальными массами и огромными скоростями. «Подумаем только о нашей солнечной системе, и прежде всего о земле, вра-

щающейся вокруг своей оси. Если бы можно было вдруг остановить это вращение, как останавливают вертящееся маховое колесо или карусель, то энергии этой было бы достаточно, чтобы заставить работать все наши машины в течение 700 миллионов столетий» [1]).

Но этот огромный запас энергии бесполезен для жителей земли, так как мы, люди, являемся только частью вращающегося земного шара [2]).

«Кроме того, земля движется вокруг солнца, совершая полный путь в 365 дней и проходя в 1 секунду 29 700 метров, между тем как каждая точка на экваторе при вращении земли вокруг своей оси проходит только расстояние в 465 метров в секунду. Так как живая сила (энергия движения) прямо пропорциональна квадрату скорости, то живая сила при движении земли вокруг солнца гораздо больше таковой же при вращении земли вокруг оси. Дзиобек вычислил эту живую силу в 190 квинтильонов килограммо-метров, т. е. в $2^1/_4$ квинтильона лошадиных сил в секунду, при чем нужно помнить, что квинтилион — это число, выражающееся единицей с 30 нулями. Можно лучше представить себе эту невообразимую величину, если сказать, что эта энергия могла бы поддерживать работу всех существующих в настоящее время на земле машин в течение 8 биллионов столетий. Но и этот невообразимо грандиозный источник энергии для нас недоступен, потому

[1]) Цифры эти, основанные на вычислениях Дзиобека, само собою разумеется, только лишь весьма приблизительны, так как наше незнание некоторых данных, которые должны быть приняты во внимание, делает невозможными точные расчеты.

[2]) Частью этой энергии человечество все же, быть может, сумеет воспользоваться (см. статью 19).

что все, что находится на земле, движется вместе с земным шаром вокруг солнца и у нас нет никакой возможности задержать эго движение».

Бесполезно останавливать далее свое внимание на вселенной, так как все, что мы можем сказать о земном шаре, относится в еще большей степени и к другим планетам. Недостижимые для нас, они совершают свой вечный путь по своим орбитам. Бесплодны все наши мечты наложить на них ярмо. Но мы имеем и на земле источник энергии космического происхождения, который можем использовать, именно, теплоту, оставшуюся у земли от солнца, после того, как она отделилась от него.

Мы знаем, что земля, бывшая некогда частью солнца, отделилась от него в огненно-жидком состоянии, затем благодаря вращению получила форму шара и потом в течение многих миллионов лет постепенно остывала, при чем на ней образовалась в виде толстого слоя кора, на которой мы живем. Толщину этой коры считают равной приблизительно 50 километрам. О поясах земли, лежащих под ней, мы почти ничего не знаем; предполагают, что внутренность земли уже на глубине 200—300 километров находится в расплавленно-жидком состоянии. Предположение это основано на том, что температура в глубине земли увеличивается почти на 3^0 на каждые 100 метров в глубину, так что, например, обыкновенная вода должна кипеть на глубине 3300 метров [1]).

Можно сказать, что мы, защищенные толстым слоем земли, находящимся на колоссальной печи, тепловая энергия которой должна быть принята равной при

[1]) В действительности все возростающее с глубиною давление воздуха изменяет несколько эти данные, так что вода могла бы кипеть на глубине 4000 метров только при температуре 120^0.

средней температуре в 5000° Ц одному квинтильону киллограммо-метров. Интересен вопрос, нельзя ли использовать теплоту этой грандиозной печи?

Само собою разумеется, что здесь речь может итти не о раскаленном очаге внутренности земного шара, с которым мы не могли бы справиться помощью наших средств. Но по всему поверхностному слою земли разбросаны тысячи маленьких очагов, гнезд раскаленной лавы, выводными трубами которых служат вулканы. Нельзя ли использовать их теплоту?

Несколько лет тому назад на такой вопрос пришлось бы ответить вполне отрицательно,—слишком страшными казались силы, которые при этом нужно было бы привести к повиновению. Но теперь техника, если ей серьезно поставить этот вопрос, задумается над ним, так как во время войны в Италии втихомолку пустили в ход такую машину, вся энергия которой целиком взята у вулканического жара. И дело здесь идет не о каком-нибудь опыте, но о междугородной центральной станции, мощностью свыше 10000 лошадиных сил, которая на большом пространстве снабжает электричеством все предприятия и, между прочим, питает весь городской трамвай Флоренции.

Эта первая машина, работающая энергией вулкана, находится в северной Тоскане в местности Лардерелло, которую вы напрасно будете искать на всех картах. Но на карте можно зато отыскать город Вольтерра, знакомый одним по древним этрусским памятникам строительного искусства, а другим—по своим громадным солеварням и мраморным и алебастровым каменоломням; оттуда можно с удобствами добраться в автомобиле до Лардерелло в $1^1/_2$ часа. Вся эта местность имеет гори-

стый характер. Само Лардерелло производит впечатление картины Дантовского ада, когда вдруг открываются взору со стороны Вольтерры пустынные склоны долины, в которой оно расположено, со множеством громадных столбов пара, покрывающих нередко всю местность густыми облаками; прибавьте к этому еще оглушительный шум, возбуждающий в путнике мысль об угрожающей катастрофе. Немногочисленные домики этого маленького городка кажутся игрушками карликов, и впечатление заброшенности не уменьшают даже находящиеся здесь большие фабрики и старый замок.

Небольшая экскурсия по долине обнаруживает, что пары эти имеют различное происхождение: одни выходят из больших и маленьких трещин в почве, другие—из многочисленных горячих источников, образующих небольшие кратерообразные воронки, наполненные грязной, кипящей водой. Если бы было недостаточно одного жара, чтобы уничтожить здесь всякую жизнь, то это сделали бы окислы железа и серы, пропитывающие почву в разных местах. Даже воздух наполнен здесь серными парами как бы для того, чтобы предостеречь путника о действующих здесь первобытных силах.

Что человек тем не менее поселился здесь находится в связи с тем, что как вода горячих источников, так и пар, выходящий из трещин, свистящее шипение которого свидетельствует о высоком давлении, содержат очень много борной кислоты. Она была открыта еще в 1777 г. химиком Гефером, придворным тосканским аптекарем. Немного спустя здесь стали добывать и обрабатывать борную кислоту, вырабатывать буру и т. п., сперва в небольших размерах, а с 1819 г. по почину француза Франческо де Лардерель уже фабричным пу-

тем. Во владении этой семьи, по имени которой местность получила название Лардерелло, фабрики буры оставались до 1912 г., затем их откупило вновь образованное общество «Societa Borocifera di Larderello» и вместе с другими однородными фабриками соединило в *одно* предприятие из 8 фабрик, вырабатывающих буру.

На этих фабриках с самого начала пользовались теплотой земли, которой много в горячих источниках и парах, заставляя пар сгущать борные растворы; затем его стали употреблять для мельниц, сетчатых барабанов, сеялок и элеваторов, равно как и для деревообделочных машин и даже для маленького свинцо-прокатного завода, на котором изготовляется листовой свинец и т. п.

Чтобы получить механическую энергию для этих предприятий, был установлен 40-сильный поршневой двигатель низкого давления, к которому по железной трубе был проведен пар из специально для этого проделанной буровой скважины. Таких скважин было сделано потом множество, потому что естественные щели в земле были отчасти не всегда доступны, а отчасти неудобны для использования с техническими целями. На всю эту долину, вообще, смотрят, как на крышку огромного подземного парового котла, вода которого, нагреваемая неизвестным источником тепла, находится всегда в состоянии кипения. Так как крышка этого котла имеет множество трещин, то опасаться взрыва его так же невозможно, как и парового котла, из которого пар постоянно выходит через клапан. Но нельзя, конечно, довольствоваться только тем паром, который готовым выходит из почвы. Если пробуравить ее в любом месте, то оттуда немедленно вырывается пар, который при соответственном устройстве скважины можно легко от-

вести и использовать для любых целей. «Кому нужен пар — говорит здесь народ,—тому достаточно воткнуть палку в землю, чтобы получить его».

Небольшую упомянутую поршневую машину можно назвать матерью огромного двигателя, занимающего теперь ее место. Первая мысль о нем связана с тем днем 1904 года, когда общество под влиянием своего председателя принца Джинори Конти решило поста-



Рис. 6. Скважина в Лардерелло, из которой вырывается пар. Напор, с которым вытекает пар, показывает, что он находится под большим давлением. Скважина сделана для измерительных целей.

вить здесь динамо-машину, приводимую в действие поршневым двигателем. Эта динамо должна была давать ток для освещения фабрик и всей местности. Успех этого первого опыта был причиной того, что в скором времени здесь был поставлен генератор больших размеров мощностью в 250 киловатт с целью снабжать током и более или менее далекие окрестности этих фабрик. Для приведения его в действие была построена паровая турбина низ-

кого давления,—особого рода машина, конструкция которой была в то время как раз усовершенствована. Будучи введены в заблуждение примером фабрик, которые работали паром, непосредственно выходившим из почвы, не думая о том, что содержащаяся в этом паре борная кислота с другими примесями—аммиаком и даже следами серной кислоты—очень скоро загрязняет и портит цилиндры и паропроводы, устроители тоже предполагали воспользоваться этим паром для своей турбины. Но сделанный подсчет сейчас же обнаружил, что там, где решающее значение имеют хозяйственный расчет и надежность производства, этим паром работать нельзя. Естественный пар содержит в себе не только указанные твердые и жидкие составные части, но также 4—5% несгущаемых газов (главным образом угольную кислоту, затем сероводород и водород), так что, не говоря уже о загрязнении и разрушении машин, турбина, которая питалась бы непосредственно таким паром, работала бы при очень слабом разрежении в холодильнике, то-есть, была бы очень невыгодна в хозяйственном отношении. Из этих затруднений есть только один выход: не пускать в дело непосредственно пар, выходящий из расщелин, но пользоваться только его теплотой для нагревания соответствующих паровых котлов. Таким образом можно из чистой воды получить чистый пар, годный для правильной работы турбины.

Новый способ пользования паром был сперва испытан в виде опыта на двигателе, паровые котлы которого состояли из четырех наклонных отдельных труб, помещающихся в кожухах и соединенных между собою трубами таким образом, что обогревающий пар последовательно проходит через них. На рис. 7 один из этих котлов представлен в продольном разрезе. Выходящий

из земли пар, температура которого в среднем доходит до 180° Ц., вступает через колено *А* первого котла, обогревает проходящие в нем трубы, отдает часть своего тепла воде, заключенной в кипятильных трубках, сделанных из алюминия в целях лучшей теплопроводности и для избежания разрушительного влияния примесей пара, выходит затем из отверстия *В*, проходит через трубу *С* в колено *А* второго котла, обогревает его, потом таким же образом проходит в третий котел, в четвертый и выходит, наконец, через колено в нижнем конце его для того, чтобы быть использованным на фабрике буры. Конденсационная вода отводится по трубе, начинающейся у самого низкого места каждого котла. Чистая вода для питания котла проводится в кипятильные трубки по водопроводу *F*, идущему от питающего насоса. Регулятор водомерного прибора *Е* держит уровень воды в трубках постоянно на высоте линии *ab*. Вода в этих трубках сильно кипит, и образующаяся при этом смесь воды и пара с силой выбрасывается из верхних отверстий трубок в пространство *G*, где происходит разделение пара и воды. Пар через колено *Т* поступает в паросибиратель *М*, лежащий поперек паровых котлов. Вода стекает вниз и через большую отводящую трубу *R* снова поступает в трубы - кипятильники. Стрелки на рисунке 7 указывают этот кругооборот воды.

Разделение воды и пара в помещении *G*, конечно, происходит не вполне: пар очень часто увлекает с собой значительные количества воды. Он должен поэтому, прежде чем пойти в турбину, быть высушен, и это достигается задержкой его в перегревателе, соединенном трубой с паросибирателем *М* (на рис. не показан). Он устроен по тому же принципу, что и котлы, и обогре-

вается паром, идущим из земли и поступающим в него из последнего котла.

Поверхность нагрева этого котла равна 100 квадратным метрам; в одну секунду котел дает при обогревании его 3000 килограммами пара, идущего из земли, при давлении его в 3,5 атмосферы 2500 килограмм чистого пара в 3 атмосферы да-

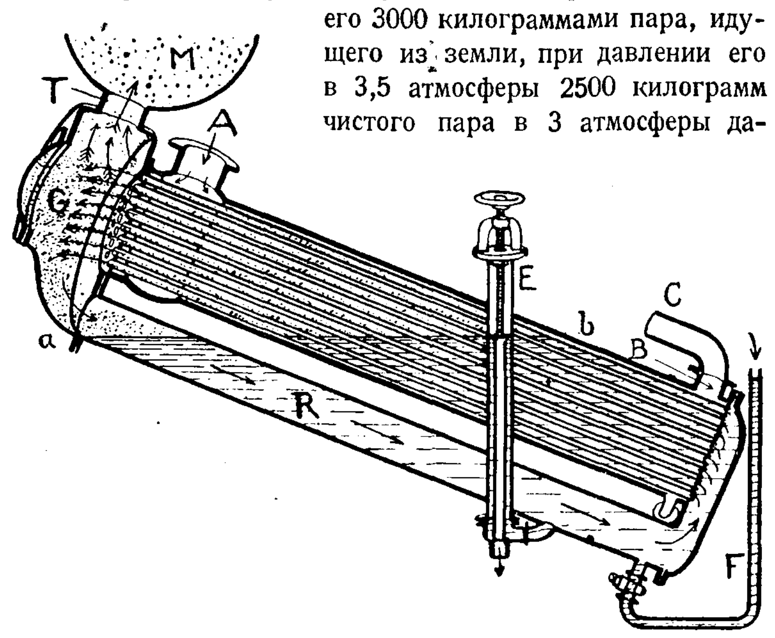


Рис. 7. **Один из четырех трубчатых котлов двигателя в Лардерелло в продольном разрезе.** Через *A* горячий пар, выходящий из земли, входит в котел. Отдав свое тепло воде, находящейся в кипятильных трубках, пар через отверстие *B* и колено *C* проходит в другой котел. Чистая вода для питания котла проходит через трубы *F* и *K* в кипятильные трубки, где и испаряется. Образовавшийся пар вместе с каплями воды, увлеченными им с собой, выходит в пространство *G*; здесь капли воды падают вниз и попадают в трубу *R*, а оттуда снова в кипятильные трубки, а пар уходит вверх в паросборатель *M*.

вления. Питаемая этим паром турбина развивает в соединенном с ней генераторе ток мощностью около 180 киловатт. Отработанный пар турбины сгущается в конден-

саторе в воду и отсюда по трубе F перегоняется опять в котел. Таким образом, вся эта работа совершается помощью только чистой воды.

Это сооружение было пущено в ход незадолго до войны. Оно с самого начала работало вполне удовлетворительно и подтвердило, таким образом, безусловно правильность принципа, легшего в его основу. В виду этого общество уже по истечении короткого времени решило расширить это дело до 7 500 киловатт или 10 000 лошадиных сил, что и было очень скоро осуществлено. Оно руководствовалось при этом отчасти соображениями о начинавшей обнаруживаться уже тогда нужде в каменном угле (само Лардерелло является в Италии, быть может, единственным местом, которое знает нужду эту только по наслышке)[1], отчасти соображениями об огромной потребности военной промышленности в электрической энергии. В настоящее время Лардерелло располагает — если не произошло еще расширения, — кроме описанных машин, еще 3 турбогенераторами в 2 500 лошад. сил каждый, которые дают ток напряжением в 4 000 вольт и 50 периодов.

Пароструйные турбины работают перегретым паром с давлением в 2,5 атмосферы при температуре впуска 150° Ц. и делают 3000 оборотов в 1 минуту. Они являются самыми большими машинами подобного рода для пара столь низкого давления. 16 паровых котлов построены по такой же системе, как и опытный котел, только они соответственно больше. Масляные трансформаторы повышают напряжение тока перед распределением его до

[1]) Уголь совершенно неизвестен в Лардерелло: топят и готовят пищу здесь даже в окрестных деревнях исключительно паром, идущим из земли.

26 000 вольт. При таком напряжении добытая энергия передается на далекие расстояния по пяти проводам, главным образом в Вольтерру, Сиену, Цецину, Ливорно и Флоренцию.

---

14. Вулканические силы на службе человечеству (продолжение).

Прекрасные результаты своеобразной установки в Лардерелло для использования тепловой энергии внутренности земли возбудили и в других местах мысль о применении этой энергии. Прежде всего само общество фабрик буры в Лардерелло располагает еще другими огромными источниками пара в Лаго. Здесь, так как выходящий из земли пар содержит только следы неконденсируемых газов,—предполагается осуществить идею непосредственного применения его к турбинам. При этом паровые котлы с их приспособлениями могли бы быть исключены. Это очень сократит расходы по устройству и повысит производительность. Для Италии, очень бедной топливом, вопрос этот имеет, разумеется, особенное значение. Каменного угля в ней совсем нет, и его приходится ввозить, что стоит очень дорого. Имеющийся бурый каменный уголь (лигнит) даже при самой интенсивной добыче его может покрыть только небольшую часть необходимой потребности. Северная Италия и некоторые местности средней Италии привлекли на службу промышленности имеющиеся там сравнительно крупные водяные силы. В Тоскане этот белый уголь ограничен некоторыми частями Аппенин; помимо того там сильно уменьшается масса воды в жаркие летние

месяцы. В виду этого фабрики в Лардерелло и их последователи, которые в скором времени окажутся на Везувии и Этне, должны, повидимому, сыграть крупную роль в итальянском народном хозяйстве. Они являются пионерами на том пути, который предстоит современем проделать и другим частям нашей планеты.

В Англии, например, которой раньше других стран грозит опасность истощения запасов угля, отнеслись с большим вниманием к начинаниям в Лардерелло. Успех, достигнутый там, побудил знаменитого изобретателя паровой турбины, сэра Чарльза Парсона, выступить публично с планом, который переводит всю эту проблему из области частной попытки в сферу общественного начинания: повидимому, повсюду возможно добывание тепла из неистощимого источника внутренности земли, с целью использования его для технических целей. Поэтому на первый план должны быть поставлены исследования, которые должны определить те места, где теплота земли особенно близка к поверхности. В этих местах с помощью всевозможных технических средств должны быть устроены большие шахты до такой глубины, до которой только удастся достигнуть. Границы этой глубины достаточно точно указываются температурой и давлением пластов земли, именно: при 25 километрах глубины давление по современным нашим познаниям уже так велико, что известняк находится в таком же состоянии, как пластичная глина, а при 50 километрах—даже гранит в расплавленно-жидком состоянии. Но Парсон совсем не мечтает о таких глубинах, где нельзя устраивать шахт уже потому, что давление на их стенки раздавило бы крепления, как карточный домик. Он полагает, что достижение поясов с температурой в 200—250° будет

совершенно достаточно, чтобы дать вполне благоприятные результаты. Это будет на глубине в 6—8 километров, между тем как в настоящее время глубочайшей буровой скважиной на земле является буровая скважина у Фермонта в Соединенных Штатах, где достигнута глубина всего в 2134 метра. В ней температура около 78°.

План Парсона не ограничивается, однако, устройством таких шахт: это—задача технически вполне достижимая, если не стесняться расходами. Он предполагает еще устраивать на дне шахт большие ямы, нечто вроде естественных паровых котлов, куда по трубам можно будет проводить воду и отводить кверху тот пар, который будет образован кипящей в этих котлах водой. Вообще, цель Парсона — образовать как можно больше пара: он хочет достигнуть в больших размерах того же, что природа создала в Лардерелло. В глубине земли должно возникнуть бесчисленное множество паровых котлов, которые будут отапливаться внутренним жаром земли.

Работы по производству такой шахты обойдутся приблизительно в 25 миллионов долларов. Вопрос только в том, во что обойдется постановка дела и какая возможна доходность его. Можно сомневаться, чтобы такая шахта оправдала возлагаемые на нее надежды, так как, вследствие малой теплопроводности земли, тепло будет притекать в нее очень медленно, и едва ли самые грандиозные размеры сооружения могут здесь помочь. Сюда присоединяется еще один пункт, заслуживающий особенного внимания. Лардерелло является в сущности только слабым примером того, что в состоянии произвести раскаленные недра земли, если они приходят в соприкосновение с большими массами воды.

Мы знаем грандиозные по размерам катастрофы, которые произошли по этой причине, например, взрыв Кракатау в Зундском проливе, вызванный прорывом моря в раскаленное жерло вулкана, при чем как самый вулкан, так и половина сстрова были превращены в порошок и взлетели на воздух. Спрашивается, как предупредить подобные катастрофы, если бы дело дошло до осуществления плана Парсона? Ответить на этот вопрос технике будет труднее всего.

....

15. Можно ли заставить работать земной магнетизм и земные электрические токи?

Кроме земной теплоты внутренность земного шара имеет еще два другие источника энергии, использованием которых точно также занимались, именно—земной магнетизм и земные токи. Больше всего привлекал к себе внимание земной магнетизм, но никто, знающий положение дела, не станет удивляться отсутствию здесь всякого успеха. Использовать земной магнетизм для совершения работы можно было бы только в том случае, если бы магнитное поле земли испытывало изменения. Правда, такие изменения действительно наблюдаются: это, во-первых, очень медленные вековые колебания, во-вторых, так называемые магнитные бури, связанные с появлением темных пятен на солнце. Но ничтожная интенсивность этих возмущений, не говоря уже об их непостоянстве, не дает никакой надежды на их утилизацию.

Точно так же обстоит дело и с земными токами[1]) — электрическими токами, получаемыми, когда связываются между собой две погруженные в землю на далекое расстояние друг от друга металлические пластинки. Но и эти токи так слабы, что о техническом использовании их нечего и думать. Более сильные токи возможно получить, если один электрод погружается на большую глубину в землю, так как при этом между поверхностью земли и ее внутренними частями возникают по мере углубления все более возрастающие по своему напряжению токи. Были предложены соответствующие опыты в данном направлении, но к ним не было приступлено. Пока еще весь этот вопрос не достаточно выяснен и не обсужден с технической стороны.

16. Можно ли использовать атмосферное электричество?

В природе существует еще один естественный источник электричества,—это именно атмосферное электричество, обнаруживающееся в молниях и грозах. Об использовании этого рода электричества как раз в последнее время говорят очень много, благодаря книге гамбуржца Плаусон-а, который желает спасти мир при помощи больших машин, работающих помощью атмосферного электричества.

---

[1]) Не нужно смешивать земные токи с так назыв. странствующими токами, попадающими в землю от динамо-машин вследствие плохой изоляции трамвайных рельс и пр. частей.

Прежде всего коснемся проекта, основывающегося на давно высказанных предположениях. Известно, что земной шар почти всегда заряжен отрицательным электричеством, а атмосфера — положительным. Таким образом, вокруг земли образуется электрическое поле, силами которого и надо овладеть, сведя их на землю. Но воспользоваться для этого прямо воздухом нельзя в виду его плохой электропроводности. Поэтому нужно в воздухе установить особые собиратели электричества, которые и связать потом с землей. В качестве таких собирателей Плаусон предполагает взять привязные воздушные шары, изолированные от земли, сделанные из легких металлов и наполненные водородом и гелием. Поверхность этих шаров должна быть покрыта острыми шипами, которые будут играть роль крошечных громоотводов, а также препаратами радия, чтобы сделать проводниками окружающие слои воздуха и способствовать притоку электричества. Эти шары поднимают на высоту приблизительно 500 метров и соединяют по несколько в одну группу при помощи проволок, так что каждая группа образует отдельную электрическую систему, охватывающую возможно большую воздушную площадь. Эта система соединена с землей при помощи особой связи, в которую включен искровой провод. Последний служит для периодического разряжения собранного электричества именно тогда, когда заряд его достаточно велик, чтобы преодолеть сопротивление искрового провода. Так как заряды постоянно сами собою возобновляются, то здесь — говорит Плаусон — имеется постоянный источник энергии, который может быть использован.

Непосредственное использование собранной энергии, конечно, невозможно, так как здесь мы имеем дело с постоянным током очень высокого напряжения. Плаусон предлагает к искровому проводу присоединить электрическую цепь, в которой при получении искр возникают сильные электрические колебания, так что постоянный ток превращается в прерывистый высокой частоты. Эта цепь путем резонанса возбуждает другую соседнюю цепь. Возникающие в последней колебания приводят в движение недавно изобретенный Плаусоном резонансовый мотор, который в свою очередь дает механическую энергию для приведения в действие рабочих машин или питает обыкновенные динамо, смотря по тому, расходуется ли приобретенная энергия на месте, или передается куда-нибудь в другое место.

Весь вопрос в том, как осуществить это! Изобретатель представляет себе дело так, что над всеми местами, где почва не может быть использована для культуры, стало быть—над торфяными болотами, горами, степями и пустынями, над озерами и морями, устанавливают ряды соответствующих собирателей, при помощи которых можно будет ежечасно извлекать из каждого квадратного километра атмосферы минимум 200 лошадиных сил, а при улучшенных методах устройства—даже до 500. В Германии, как он высчитал, можно будет без всякого ущерба для сельского хозяйства использовать для этой цели почти $^1/_3$ часть ее поверхности, и это даст по его расчету при современном состоянии техники около 720 миллионов лошадиных сил.

Если цифры эти правильны, то атмосферное электричество может, конечно, в значительной степени заме-

нить уголь. Вопрос в том, на сколько верны высказанные здесь положения. Все, что можно сказать по данному поводу, недавно высказано очень обстоятельно Руппелем в „Technischen Blatt“ (II, 26) при обсуждении плаусоновского плана. Он основывается на многочисленных данных, полученных на опыте, а не на голословных рассуждениях, на все лады повторявших со времен Галилея до Цеппелина, что это „невозможно“.

Что в воздухе не только во время гроз, но и при хорошей погоде содержится электричество, доказал еще Монньe в 1753 году, вскоре после знаменитого письма Франклина Лондонскому Королевскому Обществу о применении им в качестве громоотводов остроконечных предметов. Новые исследования, сделанные при подъеме на воздушных шарах и с опытными баллонами без людей, показали, что на разных высотах в воздухе имеется электричество вполне определенных напряжений. Последние обусловливаются влиянием отрицательного электричества земной поверхности, с одной стороны, а с другой — положительным электричеством, возникающим в самой атмосфере (главным образом, вследствие ультрафиолетовых лучей солнца и влияния радиоактивных веществ). Из наблюдений над различными местами земли установлено, что потенциал растет с каждым метром высоты:

Вблизи поверхности земли			на 100—150	вольт,
на высоте 1500 метр.	„	„	25	„
„ „ 4000 „	„	„	10	„
„ „ 8000 „	„	„	2	„

По измерениям Линке и других оказывается (рис. 8), что напряжение электричества достигает:

При высоте в 1500 метров		120 000 вольт
„ „ „ 4000 „		165 000 „
„ „ „ 8000 „		190 000 „

Поэтому разность электрических потенциалов между землей и каким-нибудь пунктом, находящимся высоко

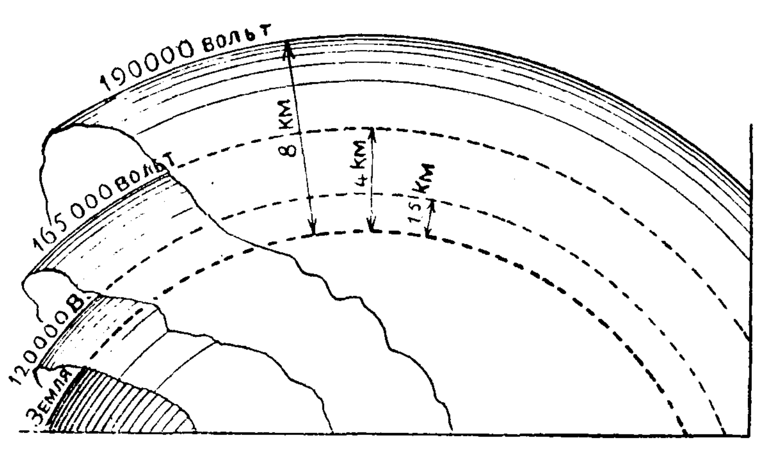


Рис. 8. Схематическое изображение распределения напряжений в электрическом поле земли.

в воздушном пространстве, сравнительно не очень велика: она достигает на 10-тикилометровой высоте максимум 200 000 вольт, при чем главная часть ее, как это видно на рис. 8, приходится на самые нижние слои атмосферы.— Все пункты атмосферы, находящиеся на равной высоте над землей, обладают равными потенциалами. Таким образом, в атмосфере мы имеем электрическое поле, равнопотенциальные поверхности которого идут на не-

большом протяжении параллельно. Направление их, однако, изменяется там, где имеются естественные или искусственные неровности. В этих местах (т. е. над горами, башнями, деревьями и т. п.) электрическое поле нарушается, равнопотенциальные поверхности сближаются Направления, в которых действуют электрические силы поля, дают силовые линии. Они перпендикулярны к потенциальным поверхностям, окружающим землю, и к поверхности земли.

Ранее упомянутое отрицательное электричество земли зависит от того, что содержащиеся в земной коре радиоактивные вещества ионизируют воздух, пронизывающий везде почву, т. е. расщепляют атомы составляющих его газов на отрицательные электроны и положительные ядра или ионы [1]). Электроны остаются большею частью в земле, ионы же поступают в атмосферу, которая также сама слабо ионизирована вследствие ультрафиолетовых лучей солнца и других факторов. Эта-то ионизация и сообщает воздуху, играющему роль изолятора, известную слабую электрическую проводимость. Следствием этого является то, что под влиянием электрического поля из атмосферы на землю идет электрический ток, так назыв. вертикальный проводящий ток, который может быть измерен соответствующими аппаратами. В среднем его приходится около 0,000 000 000 000 000 2 ампер на каждый квадратный сантиметр земной поверхности, что составляет, стало быть, на каждый квадр. километр 2 миллионные части ампера. Это дает в средних цифрах для всего С. С. С. Р. (считая его около 20 000 000 квадр. километров) приблизительно 40, а для всего земного шара около 1000 ампер.

---

[1]) *См. об этом подробнее в приложении.*

Приведенные цифры показывают, что токи, текущие на землю из атмосферы через воздух, как проводник, остаются незначительными даже для очень больших поверхностей. Но их можно усилить, если слабо проводящие воздушные пути заменить металлическими проводниками, так как, во-первых, вертикальные окружающие проводники токи стекаются к хорошим проводникам и, во-вторых, под влиянием создаваемых таким путем областей более высокого напряжения (при помещении проводников высоко в воздухе) сами по себе возбу-ждаются более сильные токи. Удавалось, например, получить в металлической проволоке, поднятой вверх в воздух летучим змеем на 140 метров, токи силой до 2 миллионных частей ампера на каждый квадрат. сантиметр земной поверхности.

Если, по мысли Плаусона, высоко в воздух поместить более или менее значительные проводящие поверхности и соединить таковые с землей, то по ним фактически пойдет значительно более сильный ток, чем нормальный (обыкновенный) вертикальный ток. Как велик он будет, зависит от высоты положения и размеров этих собирающих поверхностей. Такие токи, вообще, чрезвычайно слабы и получить токи более или менее значительной силы возможно только в том случае, если в воздухе поместить исключительно большие собирающие поверхности, достигающие многих тысяч квадрат. километров. Но создать такие поверхности и держать их висящими в воздухе, конечно, мы не в состоянии.

Помимо невозможности осуществления подобных технических установок возникают препятствия, вытекающие из самой сущности явлений. Дело в том, что собиратели электричества могут только тогда давать ток продол-

жительное время, когда к ним постоянно будут притекать новые количества электричества из окружающего воздуха. Плаусон, как и другие изобретатели, считают это само собою разумеющимся. Но из воздушных слоев, находящихся над собирателями электричества (движение зарядов в атмосфере происходит только в вертикальном направлении), новые количества его притекают очень медленно, так как слабо ионизированный воздух представляет собою весьма дурной проводник электричества, в котором ионы перемещаются с трудом. Еще труднее происходит пополнение электричества вокруг собирателя из рядом лежащих слоев, так как разность напряжений на единицу длины в горизонтальном направлении меньше, чем в вертикальном.

Суть этого процесса становится достаточно понятной, если по примеру Руппеля обратиться к помощи следующих двух примеров из области механики. Извлечение из воздуха электричества собирателем его происходит не так, как быстрое вытекание воды из сосуда, в дне которого имеется трубка. Оно скорее походит на прохождение крупного или мелкого песку через плоскую воронку. Как только прошел через отверстие воронки находящийся над ним материал, дальнейшее движение частиц песку прекратится и вновь возникнет только тогда, когда сбоку лежащий материал снова появится каким-нибудь путем над отверстием.

Благодаря этим обстоятельствам, лежащим в самой природе вещей, всякая попытка получать из воздуха в течение продолжительного времени более или менее значительные количества энергии осуждена с самого начала на неудачу. Правда, покрывая собирающие поверхности радиоактивными веществами, повышающими проводимость

воздуха путем искусственного ионизирования его, можно до известной степени ускорить появление нового заряда электричества. Но и это, поскольку дело идет об известных веществах, никогда не способствует перемещению электричества по воздуху настолько, чтобы было возможно извлечь из какого-нибудь места его более или менее сильный постоянный ток. Все только что сказанное в корне подрывает значение плаусоновской идеи, как и еще более обширные планы многих его предшественников, так как мысль поднимать в воздух на шарах более или менее значительные собиратели, снабженные остриями, и таким путем извлекать электричество из воздуха, уже очень стара. Один из изобретателей для этой цели предполагал даже подвесить в воздухе сеть поверхностью в 90 000 квадр. метров с более, чем 3 миллионами острий!

---

17. Можно ли использовать грозы?

Если невозможно использовать атмосферное электричество при нормальных условиях, то, может быть, иначе обстоит дело во время гроз? В это время электрические поля, как доказывают молнии, гораздо сильнее и потому возможно при посредстве собирателей получить гораздо более сильные токи—не меньше, по крайней мере, тех, которые дают молнии.

Спрашивается, что может нам дать молния, если бы удалось ее использовать?

Силу ее тока и напряжение ее разрядов пытались исчислить путем измерений намагничивания базальтовых скал, в которые она ударяла. При этом получилась сила

тока в 10000 ампер и напряжение около 500000 вольт. Другие измерения, покоящиеся также на неточных основаниях, дают значительно большие напряжения, наприм., для молний длиною в 2 километра — в 25 миллионов вольт. Если основываться на этих цифрах и за основание брать ток в 10000 ампер, то мы получим для молнии длительностью — точно установленной — в $^1/_{100}$ секунды энергию в общем 700 киловатт-часов. Если допустить, что во время грозы где-нибудь произойдет 100 разрядов молний - сравнительно высокая цифра!—то в общем это составит 70000 киловатт-часов. В наших широтах можно принять около 30 грозовых дней в году. Таким образом, если бы можно было уловить и использовать всю эту грозовую энергию,—что, конечно, совершенно невозможно,—то это дало бы в лучшем случае около 2100000 киловатт-часов в год. Это чрезвычайпо небольшой эффект, который тем менее имеет значение для технических целей, что он распределяется при громадных промежутках времени на чрезвычайно маленькие сроки—на секунды—и что для практических целей эту энергию нужно было бы собирать в запас. Построить такой дорогой аппарат для собирания в запас энергии, добываемой секундами в течение 30 дней в году, было бы очень непрактично. После всего изложенного мы видим, стало быть, что при здравом рассуждении, нельзя и на грозы расчитывать, как на источники энергии. Поэтому мы при современном состоянии наших знаний ни в коем случае и думать не можем о воздушно-электрических двигателях для замены ими угля.

---

18. Морские волны—капризные слуги.

Наконец, как последние источники энергии, которыми может в будущем располагать техника, у нас остаются морские волны и приливы. Что касается волн, то с ними дело обстоит так же, как и с ветрами, которые их вызывают. Они содержат в себе огромнейшие количества энергии, которые резче всего бросаются в глаза, когда волны бешено, с ревом бьются о скалы, разрушая их постоянным могучим натиском или когда они мощно прорывают колоссальные плотины и увлекают в пропасть огромные площади земли. Но сегодняшний бешеный прибой волн может завтра превратиться в нежный и безобидный плеск, и это именно обстоятельство, это непостоянство сильно мешает техническому использованию колоссальной механической энергии волн.

Таких попыток использования ее можно отметить несколько. Прежде всего укажем на водяной двигатель американца Врайта, устроенный и работавший на берегу Калифорнии в 1901 году. Устройство его таково. У мыса, выдающегося метров на 100 в море, помещены на воде три огромных поплавка, постоянно качающихся на волнах вверх и вниз. Качания эти передаются насосу, наполняющему морской водой огромный бак. Этой водой питается турбина, в свою очередь приводящая в движение динамомашину. Все это устройство развивает мощность в 9 лошадиных сил и, кажется, работает и по-сейчас.

Такой же план для использования силы волн применил еще в 1878 г. немец Плесснер, который старался усилить действие подобных приспособлений плотинами, направлявшими волны к поплавкам.

Другого рода водяной мотор был устроен в Оцеан-Грове, в 20 милях к югу от Нью-Иорка. Там волны качают не поплавки, но большие деревянные поверхности, подвешенные на манер маятников, и качают их не в вертикальном, а в горизонтальном направлении, при чем колебания эти точно также передаются насосам при помощи особых рычагов.

Теоретически можно очень широко использовать принцип поплавков. Можно было бы—как говорит Оливер Лодж—в местах, где происходит особенно сильное волнение, воспользоваться в качестве поплавков, примерно, дюжиной огромных корабельных корпусов и передать их качания вверх и вниз через посредство рычагов каким-нибудь машинам. Это дало бы огромное количество килограммо-метров в 1 секунду. Было бы только, конечно, очень трудно наладить удовлетворительную связь с берегом. При этом приходится иметь подчас дело с совершенно невероятными силами. Так, например, англичанин Стевенсон при измерениях динамической силы волн определил давление их равным от 15 до 35 тонн на каждый квадратный метр берега. Он же вычислил, что западный берег Франции при одном лишь порыве ветра получает волну, мощность которой измеряется 100 миллионами лошадиных сил. Это равно почти всем рабочим водяным силам всех материков.

Но не стоит приводить соблазнительные цифры. Ведь все равно нельзя расчитывать на продолжительное действие морских волн. Возникновение их слишком случайно, а действие непостоянно. Поэтому волны, как и ветер, останутся только случайными помощниками человека преимущественно в форме достаточно распространенных в настоящее время ревущих или светящих буев, служащих

для обозначения фарватера в устьях рек и входов в гавани. Предшественниками их служат известные уже 400 лет колокольные буи, прикреплявшиеся якорем на железной цепи к морскому дну,—железные бочки, на которых находились большие колокола. При большом волнении буй сильно качается, и колокол начинает звонить и этим указывает путь судам ночью и во время туманов. В настоящее время эти колокольные буи, звон которых был слышен только на недалеких расстояниях, заменены ревунами (сиренами), слышными на далеких расстояниях. Плавающая часть сирены устроена так, что волны, ударяя в нее, сжимают в пустом помещении воздух, который, достигнув известного давления, выходит через возвратный клапан в воздушную камеру. Отсюда он с силой вырывается через свисток или ревун, производя при этом вой, слышный на далеких расстояниях.

Наконец, некий инженер Гере из Рата изобрел в высшей степени остроумный светящийся буй, который работает энергией волн и который оказался весьма пригодным на практике. Он устроен так, что находится на воде всегда в вертикальном положении. Рядом с ним плавает поплавок, соединенный с ним при помощи рычага. Этот рычаг под влиянием волн, попеременно поднимающих то буй, то поплавок, качается вверх и вниз и двигает при этом особый груз в воздушной камере буя, который, падая с известной высоты, приводит в движение небольшую динамомашину, а через нее накаляет небольшую лампочку. Так как груз должен быть опять поднят вверх, то буй светится только в промежутках: он дает прерывающийся свет, который, как сигнал в море, особенно в туманную погоду, гораздо ценнее, чем постоянный свет. Содержание такого буя обходится очень дешево, и

устройство его также недорого. Тем не менее, такому бую не удалось вытеснить буи, работающие сжатым газом или жидким ацетиленом, быть может, потому, что здесь приходится считаться с непостоянством волн, не дающим уверенности в беспрерывности работы.

---

19. Морские приливы и отливы— работники-бгоатыри.

Совершенно иначе обстоит в этом отношении дело с морскими приливами и отливами. Здесь дело сводится к явлению, регулярно повторяющемуся через правильные промежутки времени. Это создает условие благоприятное для возможности их использования.

Приливы и отливы заключаются в том, что уровень моря в течение 24 часов, пока луна совершает свое видимое движение вокруг земли, два раза по шесть часов поднимается и два раза по шесть часов опускается.

Причина этого явления заключается в следующем:

Хотя мы обычно говорим, что луна вращается вокруг земли, но правильней было бы сказать, что луна и земля вращаются вокруг их общего центра тяжести: по законам механики центр тяжести тела или нескольких тел не может перемещаться без воздействия внешних сил. Таким образом, центр тяжести луны и земли, если отвлечься от движения вокруг солнца, остается неподвижным. Так как масса земли во много раз больше массы луны,—их общий центр тяжести гораздо ближе к земле, чем к луне: он

лежит на расстоянии 3000 км от центра земли, т. е. внутри земного шара. Итак, земля в течение лунного месяца описывает полный круг с радиусом в 3000 км. При всяком вращении развивается так называемая центробежная сила, которая стремится отбросить вращающееся тело от центра вращения. Такая сила образуется, конечно, и при вращении земли, о котором идет речь. Что же удерживает землю на ее пути вокруг центра тяжести земля-луна? Притяжение луны. Таким образом, на каждую точку земли действуют две силы: центробежная сила и сила лунного притяжения. В центре земли обе силы равны и противоположны: поэтому-то земля не приближается к луне и не удаляется от нее. Но на поверхности дело обстоит иначе. Центробежная сила здесь такая же, как и в центре, а сила лунного тяготения в одних точках больше, а в других меньше, чем в центре. Именно, в точках, расположенных ближе к луне, она больше, а в точках, расположенных дальше от луны—меньше, потому что сила всемирного тяготения по закону Ньютона быстро ослабевает с расстоянием. Таким образом, в точке A, которая ближе к луне, чем центр земли, преобладает сила лунного притяжения, а в точке B, которая дальше от луны, наоборот,—центробежная сила. Поэтому точка A находится под влиянием силы, направленной к луне, а точка B под влиянием силы, направленной в противоположную сторону—от луны. Другие точки земной поверхности занимают промежуточное положение: в точках C и D центробежная сила и сила тяготения создают силы, направленные внутрь земли. Найдется где-то между этими точками и такая точка, в которой действует сила, направленная вдоль земной поверхности.

Силы, действующие перпендикулярно к поверхности земли (в точках *A*, *B*, *C*, *D*), не могут преодолеть земного притяжения; действующие наклонно и горизонтально могли бы совершить передвижение точек поверхности в горизонтальном направлении, если бы не сопротивление трения и сил сцепления, которых они не могут

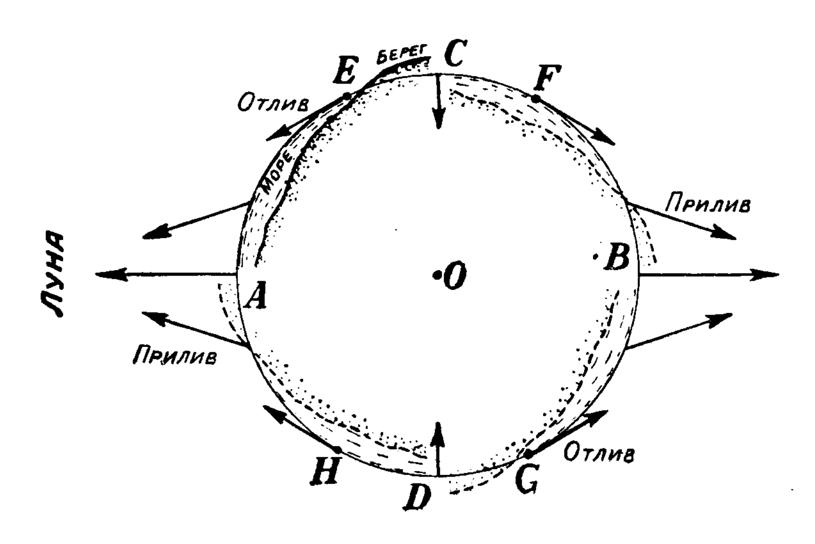


Рис. 9. **Образование приливов и отливов.** В точке *A* притяжение луны сильнее, чем центробежная сила, образующаяся от вращения земли, вокруг общего центра тяжести земли и луны. В точке *B* эта центробежная сила больше, чем притяжение луны.

преодолеть на суше. Но они оказываются достаточно большими, чтобы вызвать перемещение воды в океанах. Благодаря вращению земли направление этого перемещения меняется 4 раза в течение суток, как это видно на рисунке 9.

Подобным же образом действует и солнце, но его действие вдвое слабее [1]).

Разница в высоте уровня воды у берегов во время прилива и отлива достигает в среднем едва 2—4 метров; в северных морях она в среднем равна 3 метрам. На земном шаре много таких мест, в которых особенное их положение и конфигурация почвы благоприятствует приливам и отливам настолько, что приливная волна достигает 10—12 метров высоты. С другой стороны, в Северном и Средиземном морях вследствие незначительности притока и оттока действие приливов и отливов равно почти нулю. В Европе сильнее всего заметно это явление у западного берега Франции и у южного берега Англии, именно—в морских бухтах и в воронкообразно суживающихся глубоких устьях рек. Здесь во время приливов—в то время, когда притяжение солнца усиливает притяжение, оказываемое луной—волна достигает быстро высоты в 12—16 метров, и затем еще быстрее спадает. При больших приливах волна прибывает в течение пяти часов, а спадает—$7^1/_2$ часов, а при обыкновенных приливах и отливах то и другое в среднем длится по $6^1/_4$ часов.

В движении таких огромных масс воды, само собою разумеется, заключается колоссальный источник энергии, который косвенным образом происходит от энергии вращения земли. Попытки вычислить энергию приливов показали, что после солнца приливы и отливы являются самым большим источником энергии на земном шаре.

---

[1]) Полная теория приливов и отливов в действительности значительно сложнее нашей упрощенной схемы.

Годовой энергией приливов можно было бы удовлетворить современную потребность в энергии на всем земном шаре в течение 40 миллиардов лет или в десять раз бо̀льшую потребность в течение 4 миллиардов лет. Но всю наличную в них энергию нельзя, конечно, отождествлять с той частью ее, которая может быть использована. Прежде всего нужно принять во внимание, что значительная часть этой энергии непроизводительно расходуется на прибой волн о материк. Затем, если мы займемся внимательным изучением вопроса об использовании с техническими целями остальной части ее, то убедимся, что возможности использования не особенно велики. Главная причина этого заключается в том, что величина этой энергии сильно колеблется не только в течение каждых 24 часов, но и в течение отдельных времен года: в этом сказывается влияние солнца (высокие, низкие приливы и т. п.). Чтобы до известной степени исправить этот недостаток, нужно искусственно задерживать волну приливов, для чего на низменных морских берегах устраиваются колоссальные бассейны, которые могут быстро наполняться водой и опорожняться. Но неудобство заключается в том, что щитовых отверстий можно устраивать в них только немного и их необходимо помещать лишь в определенных местах, именно там, где устанавливаются самые двигатели. Затем необходимо также считаться с вредными последствиями от наноса морского песку.

Тем не менее, все эти неудобства не ослабили интереса к разрешению проблемы использования приливов. Напротив, едва ли какая-нибудь другая техническая задача одинакового значения привлекала к себе внимание стольких специалистов и неспециалистов. По дан-

ным «Revue générale de l'électricité», за период времени с 1837 по 1917 год было опубликовано не менее ста работ об использовании силы приливов и отливов в целях получения двигательной энергии. В них сообщалось между прочим, что в XI столетии уже существовали мельницы в Венеции, работавшие такою силою, правда, очень слабо по причине слабости приливов и отливов в Адриатическом море. Точно также и в разных технических сочинениях 1438 и 1617 гг. встречаются подробные описания таких машин, указывающие на то, что этой мыслью уже и тогда серьезно занимались. В Бруклине возле Нью-Иорка еще до недавнего времени существовали три такие «приливные» мельницы, построенные голландцами в 1637 году, которые нашли себе подражателей в 1713 г. в Дюнкирхене и в 1871 г. на Дитмаровском берегу. Во всех этих случаях при помощи плотины искусственно создавали бассейны морской воды. В одной из этих плотин находилось отверстие, через которое вода поступала в бассейн во время прилива и уходила из него во время отлива. Вода приводила в движение подливное колесо, которое заставляло работать мельницу. Но колесо это, конечно, вращалось при приливе и отливе в противоположных направлениях, между тем как для мельницы требуется, именно, равномерное движение. Поэтому приходилось или строить приспособления для переключений или же пользоваться водой, текущей только в одном направлении, а это уменьшало продолжительность и результат работы ровно вдвое. Этот недостаток удалось устранить только тогда, когда прогресс техники создал водяные турбины с вертикальными осями, которые устанавливаются таким образом, что вода течет по ним всегда в одном направлении безразлично, во время при-

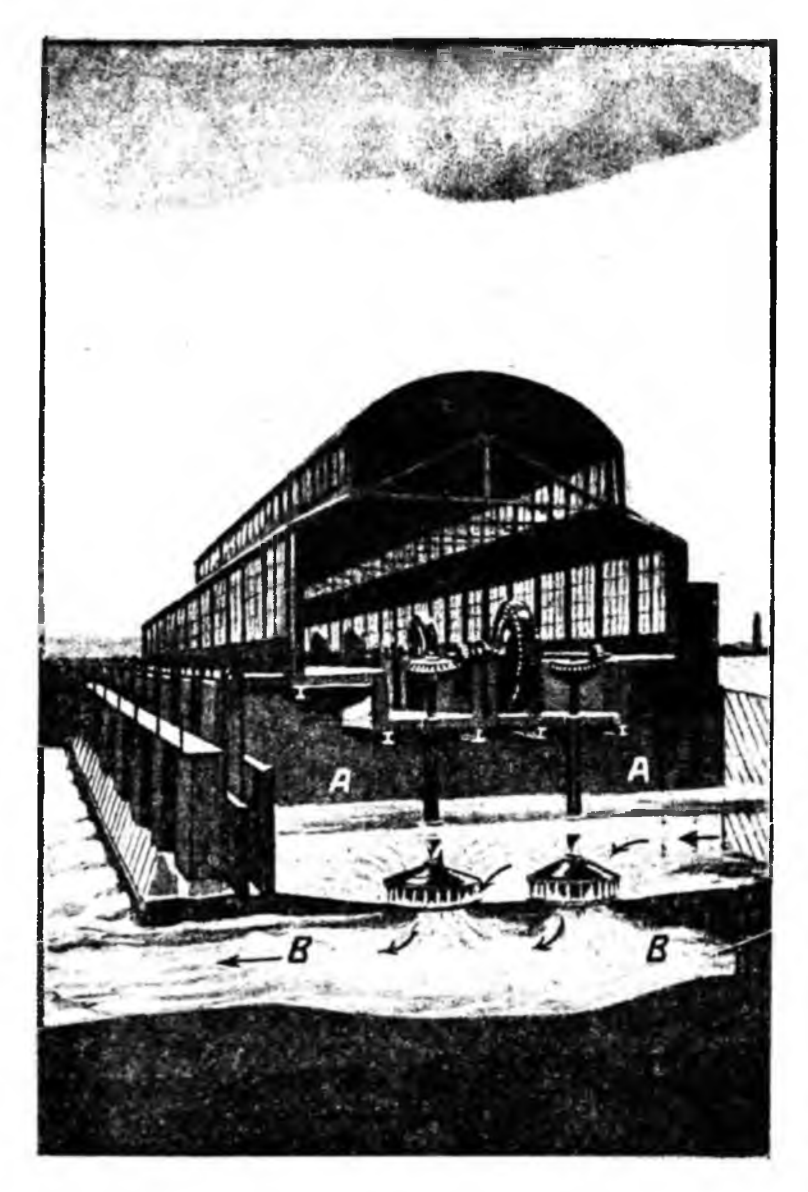


Рис. 10. Установка для использования силы приливов и отливов. Вода из турбинных камер *А*, *А* течет через турбины в спускной канал *В*, *В*.

лива и отлива. Такую установку можно представить себе по *Кноблоху* в следующем виде. Отграничивают при помощи крепкой плотины от моря маленькую бухту, чтобы иметь по возможности более объемистый бассейн. На этой плотине строят турбинное отделение со многими турбинами, которые располагаются в нем, как это видно из рис. 10, парами в помещении *A* и приводят в движение находящуюся между ними динамо-машину постоянного тока. Под каждой турбинной камерой находится спускная камера *B*, в которую стекает вода, после того как она прошла по турбине и отдала ей силу своего течения. Как турбины, так и спускные камеры связаны, с одной стороны, с морем, а с другой — с бассейном стоячей воды при помощи отверстий, которые в случае надобности закрываются щитами. Помимо этого в плотине находятся еще другие точно также закрываемые щитами каналы, которые прямо соединяют бассейны с морем. Турбины устроены таким образом, что проявляют максимум своего действия при разнице в 0,5 метра в уровне воды внутри и снаружи и пропускают лишь столько воды, что эта разница всегда остается одинаковой.

Чтобы понять, как действует описанная установка, начнем рассмотрение с момента, когда отлив идет к концу. Все щиты подняты, но турбины не действуют, так как вода в море и бассейне на одном уровне. При начале прилива поднятые раньше щиты опускаются. Вода в море прибывает, но в бассейне остается на том же уровне, на каком была во время отлива. Как только уровень воды в море поднялся на 0,5 метра выше, чем в бассейне, и установилась между ними разница, достаточная для приведения в действие турбин, открываются щиты турбинных камер *A* со стороны моря и спускных

камер *B* со стороны бассейна, и турбины начинают работать. Вода в море прибывает, и соответственно этому она поднимается в такой же мере и в бассейне, так как турбины пропускают лишь столько воды, чтобы первоначальная разница в уровнях оставалась постоянной. Так они продолжают деятельно работать приблизительно около 5 часов. Но вот вода в море достигла своего высшего уровня, а в бассейне она все еще на 0,5 метра ниже. Но так как вода начинает убывать, то разницу уровней можно удержать только тем, что открывают щиты на каналах. Таким образом, вода уравнивается снаружи и внутри, щиты закрывают и ждут, пока уровень воды при начавшемся отливе понизится на 0,5 метра. В эту минуту открывают турбинные каналы, идущие к морю, так что вода течет из бассейна в море, снова проходит — сверху вниз — по турбинам, вращая их с такою же быстротой, как прежде. Так они работают опять около 5 часов. Затем, когда отлив подходит к концу, все щиты отрывают, и вода в море и бассейне становится на одном уровне. По окончании этого при начинающемся приливе повторяют операции с закрытием щитов сначала. Таким образом, при 6 часах прилива и 6 часах отлива работа здесь длится 10 часов, между тем как обыкновенные «приливные» мельницы работают максимум только 3 часа, так как разница в уровнях воды в море и в бассейне, если предоставить наполнение и опорожнение его исключительно силам природы, сглаживается уже по истечении трех часов.

Идея использования приливов и отливов в этом смысле в больших размерах принадлежит гамбургскому инженеру Е. Ф. Пейну. Около 1910 г. он выступил с планом большой установки, которая должна

была быть устроена у Гузума на Северном море, для снабжения электрической энергией значительной части Шлезвиг-Гольштинии. Для осуществления этого проекта была основана компания «Wasserkraft-Anlagen G. m. b. H», в которую вошли известные фирмы. Гузум был избран для осуществления проекта, потому что, во-первых, здесь приливы и отливы достаточно сильны, а во-вторых, расположенный здесь остров Нордштранде и дамба, соединяющая его с берегом, облегчают устройство необходимых бассейнов. На рис. 11 видны план местности и три бассейна, образованные уже имевшейся здесь дамбой длиной в 2800 метров и тремя плотинами, :оторые нужно еще построить (северную, среднюю и)жную). Северная и южная плотины имеют, при высоте коло 6,2 метров и ширине в основании 80 метров, по ерху—4 метра, а средняя 70 и 2 метра ширины. Бассейн ? поверхностью в 1000 гектаров служит резервом для наполения водою бассейна *N* при временной необходимости усиить работу всей установки. В качестве собственно бассейнов

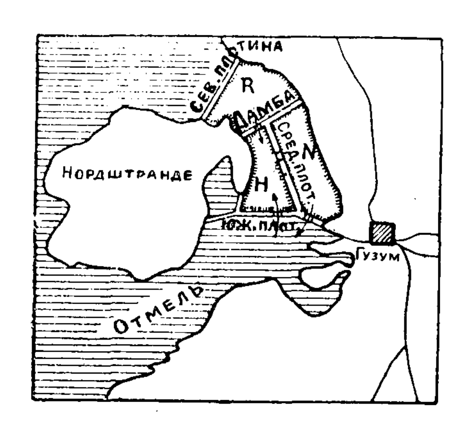


Рис. 11. **План проектируемой у Гузума установки для использования приливов и отливов.** Три бассейна: *H* - бассейн низкого уровня, *N* — бассейн высокого и *R* – запасный бассейн—позволяют установке действовать почти круглые сутки.

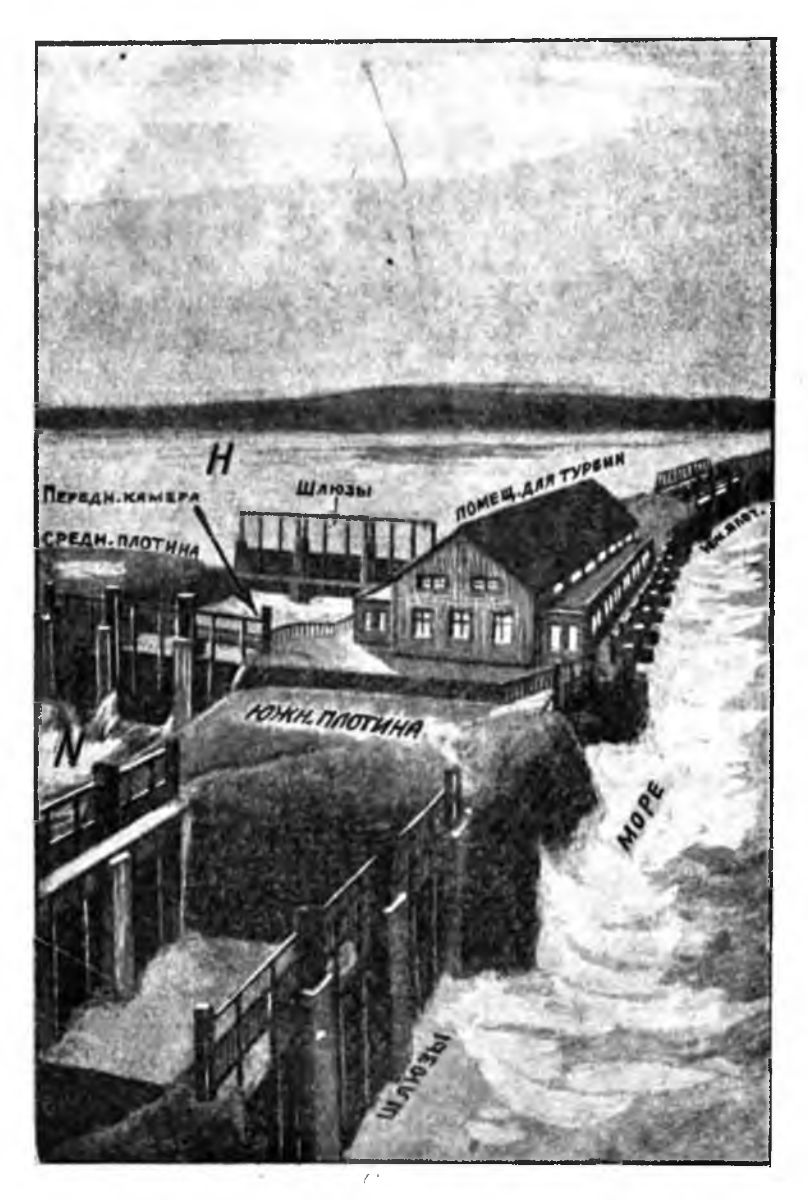


Рис. 12. Вид с птичьего полета на установку у Гузума,

для работы служит бассейн высокого уровня *H* поверхностью в 620 гектаров и бассейн низкого уровня *N* поверхностью в 850 гекторов, разделяемые друг от друга средней плотиной. Эта система с двумя бассейнами в противоположность системе с одним бассейном дает возможность, как мы увидим далее, работать беспрерывно, так что здесь время работы покрывает полностью периоды приливов и отливов.

На рис. 12 все это устройство, мощность которого измеряется 7 500 лошадиных сил, видно с высоты птичьего полета. Здесь имеются 7 турбинных камер, с 2 турбинами в каждой, работающими на генератор постоянного тока. Три из этих камер находятся между морем и главным бассейном *H*, который мы называем бассейном высокого уровня; четыре других—между морем и «передней камерой», которая расположена, как видно на рисунке, между бассейнами высокого и низкого уровня. Каждая турбинная камера связана, как это видно на рис. 10, турбинным каналом и отводным каналом как с морем, так и с бассейном высокого уровня, т. е. собственно передней камерой. Все эти каналы могут закрываться щитами.

Между бассейном высокого уровня и передней камерой, равно как между нею и бассейном низкого уровня устроена подпорная плотина с тремя щитами, так что передняя камера может по желанию быть связана или разъединена с каждым из двух бассейнов. Между главным бассейном и морем, равно как между бассейном низкого уровня и морем устроены большие шлюзные отверстия, которые обеспечивают быстрое уравнивание уровней воды.

Работа всего сооружения протекает следующим образом. Ночью, когда отлив больше всего, все щиты открываются, так что уровень воды в обоих бассейнах так же низок, как и в море. Как только вода начинает подниматься, все щиты закрываются. Спустя около полутора часов, когда вода в море прибыла примерно на 1 метр, открываются щиты всех турбинных камер со стороны моря и спускных каналов со стороны передней камеры и бассейна высокого уровня, равно как и щиты между передней камерой и главным бассейном.

Вода устремляется из моря через все 14 турбин к передней камере и бассейну высокого уровня, между тем как уровень выделенного бассейна низкого уровня остается на высоте, бывшей при отливе.

После 4 часов работы, уровень воды в море поднимается на 3 метра против ее стояния при отливе, а в бассейне высокого уровня только на 1 метр. Тогда передняя камера разъединяется от бассейна высокого уровня и соединяется с бассейном низкого уровня. Теперь вода при разнице уровня почти в 3 метра устремляется через 8 турбин между морем и передней камерой в бассейн низкого уровня, и высоты стояния воды в море и бассейне высокого уровня сравниваются. Когда вода в море достигает по истечении известного времени своей высшей точки стояния при приливе, именно, около 3,2 метров выше линии отлива, то закрывается бассейн высокого уровня, и вода задерживается в нем.

Дальнейшие подобные же переключения дают возможность работать почти весь день. Таблица на стр. 108 указывает, как используется разница в уровнях между морем и бассейном в разные часы дня.

Уравнивание уровней моря и бассейна высокого уровня происходит так, что оно заканчивается ко времени самого полного отлива и наиболее сильного прилива, а уравнивание уровней бассейна низкого уровня и моря происходит несколько позднее, благодаря чему работа может происходить беспрепятственно. Последняя прерывается из практических соображений только с

Часы.	Вода направляется, совершая работу:		Разница в высоте ур. в метр.	Число работающ. турбин.	Работа в лошад. сило-час.
	из	в			
2 ч. ночи	моря	басс. выс. ур.	1	14	19 976
6 »	»	»	2	14	
6 »	»	басс. низк. ур.	3	8	14 746
9.45 утра	»	»	1,20	8	
9.45 »	басс. выс. ур.	море	0,80	14	11 123
11.45 »	»	»	1,85	14	
11.45 »	басс. низк. ур.	»	1,20	8	3 450
1.45 дня	»	»	1,10	8	
2.30 »	моря	басс. выс. ур.	0,90	14	17 907
6.45 »	»	»	1,95	14	
6.45 »	»	басс. низк. ур.	2,30	8	6 969
9.30 »	»	»	0,95	8	
9.45 »	басс. выс ур.	море	0,80	14	9 619
12.30 ночи	»	»	2,15	14	
		Суточная работа . .			83.790

12.30 ночи до 2 часов утра и 1.45 до 2.30 ч. дня. Как видно из вышеприведенной таблицы, работа происходит не равномерно, но разно в различные часы дня. С целью устранить обусловленные этим колебания тока и нагрузки, в качестве источников тока применяются генераторы постоянного тока; благодаря этому является возможность пользоваться аккумуляторной батареей, которая заряжается во время полного хода работ, а во

время затишья пускается в ход. Для передачи на далекие расстояния постоянный ток не годится. Поэтому он превращается в переменный ток, при чем его напряжение с 220 возрастает до 5 000 вольт. Трансформаторами доводят это напряжение до 15 000 вольт, после чего уже ток направляется по сети к местам своего назначения.

Расходы по содержанию этого сооружения были в свое время исчислены в 500 000 марок, а вместе с процентами и амортизацией затраченного капитала—в сумме 4,3 миллион. марок. При этом расходы, исчисленные на производство, оказались равными 1,6 пфеннигов на 1 лошадиную силу-час, т. е. такой ничтожной сумме, которая дала основание утверждать, что «расходы на лошадиную силу здесь так малы, как ни в одном другом источнике энергии».

Однако, расчеты эти оспаривались специалистами в «Гамбургском окружном отделении союза немецких инженеров». Да и помимо этого отдельные части этого плана подверглись сильной критике. Прежде всего оспаривалась самая возможность наполнять и опорожнять бассейны во время прилива и отлива так, чтобы уровень воды в них хотя бы отчасти соответствовал уровню воды в море. Чтобы достигнуть этого—говорили одни критики—пришлось бы придать щитам слишком большие размеры. Другие указывали на то, что для турбин не будет достаточного напора, т. е. сооружение не будет работать. К этим замечаниям присоединялись еще указания, что на предположенные средства (3,5 милл.) совершенно невозможно соорудить больших плотин, которые будут подвергаться постоянным добавочным усилиям вследствие постоянно меняющегося уровня воды: постройка их обойдется гораздо дороже. Затем электро-

техники заявили, что одни только электрические машины и приспособления к ним будут стоить около 1 миллиона марок, между тем как на все машины, и на здание для них было ассигновано всего 800 000 марок. Наконец, нужно принять во внимание еще расходы по выемке 14 миллионов кубич. метров грунта, чтобы сообщить бассейнам необходимую глубину, равно как издержки на приобретение самого участка, который не является на шлезвигской отмели бесхозным, а принадлежит министерству государственных имуществ.

Справедливы ли все эти соображения, сказать трудно, так как при научном обсуждении всего этого плана приходится считаться со многими науками: с мореведением, прикладной геологией, практической гидравликой, гидротехникой, турбиностроительством, электротехникой, метеорологией и политической экономией—если называть только главные науки. Никто не компетентен во всех этих дисциплинах настолько, чтобы высказаться по всем вопросам с уверенностью. Но каждое мнение в отдельности неминуемо упустит те или другие важные данные и, таким образом, будет основываться на неправильных соображениях.

Поэтому только опыт может решить, как именно обстоит дело в действительности. Этот взгляд разделяло и управление водяными двигателями в Гузуме, решив для выяснения справедливости мнений противников построить такое пробное сооружение. Было решено осенью 1913 года построить его в небольших размерах, так как имелось в виду не получение нового источника энергии, а решение вопроса, возможна ли предполагаемая беспрерывная работа такого двигателя и нужны ли для этого какие-нибудь машины особенных конструкций или же

можно удовлетвориться обычными типами их, существующими в продаже. По имеющимся данным оба эти вопроса были решены в положительном смысле. До детального выяснения других факторов (наприм., опасности наноса морского песка и др.) дело не дошло, так как начавшаяся мировая война заставила прекратить опыты и прервать начатую постройку, а это повело, конечно, к аннулированию всего плана.

Возобновили ли его, мы до сих пор не знаем. Но то, что война уничтожила здесь, она создала в другом месте. С тех пор как все страны начали испытывать последствия угольного голода, всюду начались поиски новых источников энергии, не замедлившие навести Францию и Англию на мысль о приливах и отливах, благо они происходят на двух берегах этих государств в очень сильной степени. И здесь и там за это дело взялись правительства, хотя во Франции участие его было скорее платоническое: в форме образования особой комиссии, которая должна была высказаться по поводу постройки нового такого пробного сооружения вблизи Бреста. В Англии к делу отнеслись гораздо серьезнее: здесь недавно министр путей сообщения опубликовал план, связанный с именами наиболее известных инженеров, и заключающийся в предположении создать в устье реки Северн величайшую на земном шаре установку в 1 миллион лошадиных сил, тогда как мировой рекорд в этом отношении принадлежал до сих пор Ниагарской установке с ее 385000 лошадиных сил.

Северн, истоки которого находятся в Уэльсе, протекает по значительной части западной Англии и впадает в залив, напоминающий фиорд. Залив этот сперва носит название реки, имея в начале в среднем ширину

в 3 километра, а затем переходит в Бристольский канал. В этом глубоко врезавшемся в материк заливе бывают очень сильные приливы и отливы: уровень воды при максимальных приливах достигает здесь 12,5 метров и не падает при малых приливах ниже 9 метров. Очень крутые у самого моря берега далее становятся очень плоскими и благоприятны для устройства на них при сравнительно небольших расходах колоссальнейшего бассейна, какой только в состоянии создать руки человеческие. Проект предусматривает сооружение выше Биклея у Бристоля железо-бетонной плотины, которая отграничит площадь воды в 70 квадратн. километров. Это даст возможность устроить здесь в высшей степени удобную гавань, которая имела бы достаточную глубину почти для всех океанских пароходов и находилась бы в непосредственной близости к крупным центрам английской промышленности (Уэльск. угольн.-промышл. округ и др.). Помимо того Бирмингам, наприм., придвинулся бы к морю на 30—40 километров.

На обоих берегах этой гавани могли бы найти место бесконечное число верфей и пристаней, которые оправдали бы значительную часть затраченных на сооружение гавани средств. Затем здесь можно было бы построить пешеходный и железнодорожный мосты, давно уже предположенные в этой части Северна с целью оживить сообщение между южным Уэльсом и остальной Англией, поддерживаемое пока по большому подземному Севернскому туннелю. Такой мост сократил бы это сообщение в среднем на 50 километров, а между Кардифом и Бристолем это сокращение достигло бы даже 85 километров. Наконец, мост этот служил бы для экипажного и пешеходного сообщения, которое невозможно через туннель.



Рис. 13. **Вид с птичьего полета на установку на Северне.**

Для ознакомления со всеми деталями предполагаемых здесь сооружений служит рис. 13, дающий схематическое изображение их с высоты птичьего полета. На этом рисунке мы видим прежде всего в виде отграничительной линии мощную плотину, направление которой следует за очертаниями почвы. В ней находятся отверстия со щитами, которые автоматически открываются и закрываются при начале прилива и отлива. Позади плотины мы видим большой мост, по средине которого устроен объезд, для сооружения здесь шлюзов с целью дать возможность входа в гавань большим судам, так как иначе нарушалась бы правильность железнодорожного движения. При подобном устройстве сооружений один из двух висячих мостов через шлюз может при всяких обстоятельствах служить для движения. За мостом находится гавань, которая в данном случае нас не интересует.

Турбогенераторы, превращающие добытую водяными двигателями энергию в электрическую энергию, помещаются у нас на рисунке в самой плотине, именно в боковых частях ее, ограничивающих подступ к шлюзам. Все сооружение при десятичасовом ежедневном действии совершает работу в 375 000 киловатт (500 000 лошадиных сил). Каждая машинная установка дает 1 300 киловатт, так что всего необходимо 280 таких установок. В виду того, что высота воды колеблется здесь между 1,5 и 9 метрами (иногда в течение одного часа колебание = 3 м), предусмотрены турбины с переменным вращением (от 40 до 80 вращений в минуту), которые при помощи передачи через шестерни приводят в действие генераторы постоянного тока. Даваемый ими ток, имеющий в момент образования напряжение в 525 вольт, превращается в трехфазный в 330 вольт напряжения, который для передачи на далекие

расстояния трансформаторы превращают в токи с напряжением частью в 60000, частью в 120000, вольт.

Все сооружение должно, повидимому, работать только во время отлива, но для того, чтобы сделать возможным беспрерывное действие его, имеется еще добавочное оборудование, которое состоит из находящегося в 20 километрах расстояния озера в Вай-Толе и в установке, расположенной у Тайнтериа (рис. 13). Для наполнения водою этого озера служат центробежные насосы силою в 15000 лошадиных сил, приводимые в движение излишком энергии Севернской установки. Они качают в озеро воду из реки Вай по трубе диаметром в 12 метров, которая на протяжении 1,2 километра должна быть проведена, как штольня. С какими давлениями здесь приходится иметь дело—не указано. Установка у Тайнтериа точно также будет обладать в среднем мощностью в 375000 киловатт (500000 лошадиных сил), так что все сооружение может развить во время прилива мощность в 750000 киловатт или 1000000 лошадиных сил. Тайнтериовская установка расчитана на производные единицы в 13000 киловатт, которые даются одной турбиной, одним центробежным насосом и одной динамомашиной переменного тока: динамомашины в то же время служат для приведения в движение центробежных насосов, при чем, получая энергию от Севернской установки, они работают, как моторы с переменным током.

Все расходы данного сооружения расчитаны на 30 миллионов фунтов, при чем себестоимость одного киловатт-часа электричества вычислена в $^1/_2$ фартинга[1]), а время, потребное для постройки—в 7 лет. Когда это сооруже-

---

[1]) $^1/_2$ копейки.

ние будет окончено и начнет работать, Англия — будто бы—будет иметь экономию ежегодно в $3^1/_2$ миллиона тонн угля. Однако, в специальной литературе к этим цифрам относятся с большим скептицизмом. Прежде всего указывают на издержки по постройке гидротехнических сооружений и покупке колоссальных машин, при чем проценты и амортизация капиталов не окупятся даже в том случае, если расчитывать на крупные доходы от мостов и гавани. Затем является вопрос, может ли это сооружение сразу развить всю свою энергию—вероятно, в течение многих лет придется считаться с неполной деятельностью его. Вообще, необходимо, прежде чем приступить к сооружению такого колоссального предприятия, сделать предварительно самые основательные физико-технические расчеты, чтобы научно разработать всю проблему использования энергии приливов и отливов, вообще, и для Северна —в частности. Такого же мнения, повидимому, держится теперь в этом вопросе и английское правительство, которое и примет в означенном смысле соответствующее решение. Этим вопрос из сферы бумажных обсуждений будет переведен в плоскость практического осуществления. И если справедливо, что в Германии теперь удалось уже преодолеть затруднения, представляемые колебаниями водных масс и колоссальными бассейнами, то, в результате сотрудничества ее с Англией в области экономических вопросов, мы скоро увидим осуществление на благо будущих поколений этих старых технических мечтаний.

---

20. Существует ли внутриатомная энергия и можно ли ее использовать?

Проф. Я. И. Френкель.

1. Распространенное заблуждение.

Популяризация современного учения о материи и энергии привела к весьма распространенному предрассудку о том, что материя может быть превращена в энергию и наоборот—энергия в материю.

Это представление выражается обычно следующей формулой (которую можно найти во множестве популярных книжек): материальная масса в m граммов содержит энергию, равную mc^2 эргов[1]), где c скорость света в сантиметрах в секунду, т. е. $c = 30\,000\,000\,000$ (30 миллиардов).

Другими словами, каждый грамм любого материального тела может быть использован для получения колоссальной энергии в 900 000 000 000 000 000 000 эргов = 9 200 000 000 000 килограммометров = 22 миллиардам больших калорий. Стоит лишь каким-то, покамест неведомым нам, образом «уничтожить» один грамм материи, и

---

[1]) Эрг — единица работы, равная приблизительно работе поднятия 1 миллиграмма на высоту 1 сантиметра, т. е. 1 эрг равен приблизительно 0,000 000 01 килограммометра.

мы, в результате, получим такое количество энергии, которое выделяется при сгорании 2000 тонн угля. Технические перспективы, вытекающие из подобных представлений, являются поистине сказочными.

Я не буду, однако, останавливаться на развитии этих перспектив, так как все выше изложенное является чистейшей сказкой, не лишенной некоторой поэзии, но ничего общего с действительностью не имеющей.

2. Строение атома.

Прежде всего, материя не может быть уничтожена, т. е. превращена во что-либо другое, от нее отличное.

Материальные тела состоят из абсолютно неизменных элементарных частиц, обладающих электрическими зарядами равной величины, но противоположного знака — так называемых электронов и протонов; электроны заряжены отрицательно, а протоны — положительно. Эти частицы, соединяясь друг с другом в равных количествах, образуют электрически нейтральные, т. е. не заряженные электричеством, системы, именуемые химическими атомами. Простейшей системой этого рода является атом наиболее легкого химического элемента—водорода,—состоящий всего лишь из одного протона и одного электрона. При этом электрон, как более легкая частица (масса его примерно в 2000 раз меньше массы протона), вращается вокруг протона, подобно тому как земля вращается вокруг солнца. Диаметр описываемой им орбиты составляет приблизительно 1 стомиллионную долю сантиметра.

Этот диаметр и представляет собой то, что обычно подразумевается под «линейными размерами» водородного атома.

Что же касается электрона и протона, то им приписываются (на основании соображений, в изложение которых мы не можем здесь вдаваться) размеры в 100 тысяч раз меньшие предыдущей величины в случае первого и в 200 миллионов раз—в случае второго. Существует также мнение (которого придерживаюсь и я), что протоны и электроны вовсе не имеют каких-либо размеров, представляя собой непротяженные силовые центры.

Наиболее сложный атом, а именно атом наиболее тяжелого химического элемента, урана, состоит из 238 протонов и такого же числа электронов. При этом все протоны, совместно с большей частью (а именно 136) электронов, образуют компактную систему, называемую ядром. Так как в ядре имеется 238 положительно заряженных протонов и только 136 отрицательно заряженных электронов, то ядро в целом обладает положительным зарядом; ибо заряды каждого протона и каждого электрона, как я уже сказал, в точности равны. Это ядро играет роль солнца, вокруг которого, на более или менее значительных расстояниях (не превышающих, впрочем, нескольких стомиллионных долей сантиметра) вращаются остальные 92 электрона, соответствующие планетам солнечной системы.

Все остальные атомы, более тяжелые, нежели водород, и более легкие, нежели уран, имеют строение того же типа, что и атомы урана.

Разница между ними заключается лишь в числе протонов, образующих ядро, и в числе электронов, связанных с протонами внутри ядра или же остающихся за бортом и образующих наружную планетную систему.

Такова в грубых чертах модель атома, разработанная главным образом Э. Резерфордом и Н. Бором. В настоящее время ее можно считать установленной совершенно незыблемо.

3. Молекулярная энергия.

Соединяясь друг с другом, атомы образуют молекулы, а из молекул состоят все тела.

Молекулы вещества находятся в непрерывном беспорядочном движении. То, что мы называем температурой тела, есть результат этого движения. Чем оно энергичней (быстрее), тем температура выше. При переходе вещества из твердого состояния в жидкое (плавление) или из жидкого в газообразное (испарение), молекулы его остаются практически неизменными. Изменяются лишь расстояния между ними, а также, вообще говоря, и скорость их беспорядочного движения.

Всякое движущееся тело обладает некоторым запасом энергии: оно может совершить работу. Эта энергия, т. е. энергия движения, называется кинетической. Тепловая энергия, об использовании которой в топках паровых машин, например, шла речь в начале этой книжки, является кинетической энергией, т. е. энергией движения молекул тех газов, которые образуются при сгорании угля.

На ряду, однако, с кинетической энергией, непосредственно определяемой скоростью движения, молекулы тела — твердого, жидкого или газообразного — обладают еще энергией другого рода, зависящей от их расстояний друг от друга.

Мы знаем, что, для поднятия камня на некоторую высоту от земли, нужно затратить энергию (совершить

работу). Эта энергия как бы сосредоточивается в поднятом камне: камень, поднятый над поверхностью земли, обладает способностью, падая на землю, совершить работу, т. е. обладает некоторой энергией. Правильнее сказать, что камень и земля обладают некоторой энергией по отношению друг к другу. В данном случае мы имеем пример энергии, связанной не с движением, а с взаимным положением тел, которую в отличие от энергии движения (кинетической) называют энергией положения (потенциальной). Молекулы тела тоже обладают такой потенциальной энергией по отношению друг к другу.

Так как молекулы притягивают друг друга, то при увеличении расстояния между ними их взаимная потенциальная энергия увеличивается.

В самом деле, при этом оказывается необходимым затрачивать работу для преодоления сил молекулярного сцепления—так же, как мы затрачивали работу при поднятии камня, преодолевая силу притяжения между ним и земным шаром. Поэтому, переход из твердого состояния в жидкое и в особенности из жидкого в газообразное (связанный с весьма значительным увеличением об'ема) требует большой затраты энергии.

В котле паровой машины энергия горения угля сообщается воде и идет отчасти на увеличение кинетической энергии молекул воды (вследствие чего вода нагревается), отчасти на увеличение потенциальной энергии их — расстояние между молекулами увеличивается, вода расширяется,—и, наконец, молекулы вовсе отрываются одна от другой — вода испаряется. В цилиндре паровой машины эта потенциальная энергия молекул пара превращается в кинетическую энергию движения поршня и, во

обще, в механическую работу, при чем пар конденсируется, превращаясь в воду. Самые молекулы остаются при этом неизменными.

4. Междуатомная энергия.

Аналогичным образом обстоит дело при химических процессах, соответствующих превращению одних веществ в другие. Но в этом случае молекулы перестают быть неизменными.

Молекулы веществ, вступающих в химическую реакцию друг с другом, распадаются на отдельные атомы или атомные группы, которые затем вновь соединяются друг с другом, но уже в новых комбинациях, соответствующих образованию новых молекул, т. е. новых веществ. При этом, однако, сами атомы остаются абсолютно неизменными (так же как молекулы при плавлении или испарении тел). Химические процессы сводятся, следовательно, лишь к изменению в относительном расположении различных атомов.

Атомы, подобно молекулам, притягивают друг друга, при чем эти силы междуатомного или «химического» сродства зависят в весьма значительной степени от их природы. Для того, чтобы расчленить какую-либо молекулу или группу молекул на отдельные атомы, нужно поэтому затратить некоторую работу. Сочленяя те же самые атомы в молекулы нового вида, мы можем получить энергию, отличную от той, которая была затрачена на их расчленение. Например, при горении углерода происходит сперва расчленение молекул углерода и кислорода на атомы. Такое расчленение требует затраты энергии: углерод нужно зажечь. Затем атомы углерода соединяются с атомами кислорода в

новые молекулы (молекулы углекислоты), при чем потенциальная энергия атомов уменьшается, а за ее счет увеличивается кинетическая энергия молекул углекислоты, т. е. энергия теплового движения: химическая энергия, как говорят, перешла в тепловую.

На этом же принципе основано действие двигателей внутреннего сгорания. Следует помнить, что в этом случае, так же как и в случае конденсации пара, мы имеем дело с изменением в расположении некоторых материальных частиц—атомов,—которые сами остаются неизменными.

5. Ионизационная энергия.

До сих пор мы говорили о междумолекулярной и внутримолекулярной (междуатомной) энергии, которая давно уже используется в технике.

Теперь мы переходим к внутриатомной энергии, об использовании которой пока еще можно только мечтать.

При всех описанных до сих пор превращениях материи атомы оставались неизменными. Однако, атомы, так же как и молекулы, не являются абсолютно неизменными. Как уже указывалось выше (п. 2), они состоят из положительных ядер и быстро вращающихся вокруг последних «планетных» электронов. Эти электроны могут при известных условиях отрываться от соответствующих ядер и либо оставаться свободными, либо же втягиваться в орбиту какого-либо ядра, дополняя его электронную оболочку. Заметим, что атом, потерявший электрон, перестает быть нейтральным, приобретая положительный заряд (так как электроны заряжены отрицательно); что же касается его массы, то, в виду чрезвычайной легкости электронов, она при этом практически не меняется. Подобные положительно заряженные атомы

(потерявшие 1 или несколько электронов) называются положительными ионами; наоборот, атомы, захватившие один или несколько лишних электронов, называются отрицательными ионами. Процессы ионизации, т. е. отрывания или захвата электронов, могут иметь место совершенно независимо от химических реакций (иногда вызывая последние). Они сопровождаются изменением как кинетической энергии электронов, так и в особенности их потенциальной энергии по отношению к положительным ядрам и друг к другу. Работа, которую нужно затратить для того, чтобы оторвать от ядра атома все окружающие его электроны, т. е. удалить последние на весьма большое расстояние, называется ионизационной энергией; она, вообще говоря, гораздо больше, нежели энергия, которая необходима для расчленения молекулы на атомы. Ионизационная энергия называется обычно энергией атома или внутриатомной энергией. Однако, нужно помнить, что при этом имеется в виду не запас энергии атома, но та энергия, которую нужно затратить для удаления его наружных электронов.

При сочленении электронов с ядром, они начинают быстро вращаться, т. е. их кинетическая энергия возрастает,— однако, не настолько, чтобы они могли оторваться от ядра; другими словами, потенциальная энергия уменьшается при подобном сочленении в большей степени, нежели увеличивается кинетическая. Образование атома путем сочленения электронов с ядром сопровождается не увеличением, а уменьшением энергии (подобно тому как образование молекулы путем сочленения атомов или образование жидкости путем сочленения молекул пара). Теряемой при этом энергией можно было бы воспользоваться для получения механической работы.

Этот принцип не нашел себе покамест применения в технике; возможно, что он его никогда и не получит. В самом деле, для того, чтобы использовать энергию образования атомов из ядер и электронов, их нужно было бы сначала иметь в расчлененном состоянии. Поскольку же в естественных условиях подобное расчлененное состояние не встречается, для получения его мы должны были бы предварительно затратить ту же самую энергию, которую мы желаем получить.

Заметим для сравнения, что, в случае использования междумолекулярной энергии, т. е. энергии пара, расчлененное (газообразное) состояние достигается путем нагревания, которое в свою очередь осуществляется путем сгорания угля (или другого топлива), т. е. путем естественного расчленения молекул кислорода на атомы и соединения последних с атомами углерода (это естественное расчленение достигается более или менее значительным местным повышением температуры в начале процесса, т. е. «зажиганием»). В двигателях внутреннего сгорания непосредственно используется избыточная химическая энергия исходных веществ (напр., бензина и кислорода) над продуктами реакции (углекислый газ и водяные пары) и т. д.

Для использования внутриатомной энергии необходимо было бы располагать возможностью еще в большей степени уменьшать ее путем, например, частичной «пересадки» электронов с одного атома на другой. Подобная «пересадка» имеет место при взаимодействии атомов металла и металлоида, т. е. неметаллического вещ ства: первые теряют один или несколько периферических электронов, захватываемых вторыми, при чем противоположно заряженные атомы (ионы) соединяются друг с другом

в нейтральные молекулы. Этот путь практически неотличим от обычного химического.

Мы получили бы, однако, совершенно иную картину, если бы нам удалось воспользоваться каким-либо естественным источником энергии для ионизации атомов, а энергией, выделяющейся при их восстановлении, для получения механической работы. Повидимому, однако, подобного естественного источника достаточной мощности не существует. Атомы могут ионизоваться под влиянием ультрафиолетовых и рентгеновых лучей, которые, однако, в природе почти не встречаются и возбуждаются искусственно при помощи электрических разрядов в газах или вакууме [1]).

Заметим, что энергия, теряемая атомом или, вернее, составляющими его частицами—ядром и электронами—при их сочленении друг с другом, испускается обычно в виде световых лучей—видимых и в особенности невидимых (ультрафиолетовых или рентгеновых). Эти лучи соответствуют колебаниям тем более быстрым, чем больше теряемая атомом энергия. Использовать энергию этих лучей можно путем их поглощения в других телах; подобное поглощение осуществляется обычно либо в виде нагревания, либо в форме т. наз. фотохимических реакций, либо же в случае ультрафиолетовых и рентгеновых лучей в форме ионизации атомов (фотоэлектрический эффект). Фотохимическое действие солнечных лучей проявляется при разложении углекислоты и образовании сахара и крахмала в растениях, а также в аккумуляторе Винтера для собирания солнечной энергии (см. главы 10—12).

---

1) В солнечном излучении имеются ультрафиолетовые лучи. Но энергия их почти целиком поглощается атмосферой, которую они при этом ионизируют.

6. Радиоактивность.

Процессы ионизации атомов не сопровождаются какими-либо изменениями в строении их положительных ядер. Поскольку последние остаются неизменными, первоначальное «нормальное» строение атома, соответствующее определенному расположению «планетных» электронов вокруг ядра, в конце концов само собой восстановляется. Таким образом, ионизация атома представляет собой поверхностное, переходящее изменение, не затрагивающее, так сказать, его «сущности».

В природе, однако, наблюдаются явления естественного распада сложных положительных ядер на более простые. Это—так называемые явления радиоактивности. Распад сложных «радиоактивных» атомов, к числу которых принадлежат, между прочим, и атомы урана, происходит обычно весьма медленно и сводится к следующему. Из тяжелого ядра вылетает с колоссальной скоростью (около 20000 километров в секунду) ядро наиболее легкого после водорода атома, именно атома гелия, либо же один из внутриядерных электронов; в последнем случае (а иногда также и в первом) ядро испускает также лучи, аналогичные рентгеновым, и называемые гамма-лучами. Ядро гелия, пробежав некоторое расстояние (около 7 см в воздухе), захватывает недостающие ему «планетные» электроны (в количестве двух) и превращается в нейтральный атом гелия; остаток же радиоактивного ядра, выбросившего ядро гелия, теряет 2 лишних электрона (соответствующих потерянному положительному заряду) и превращается, таким образом, в атом нового химического элемента с меньшим

весом. В случае выбрасывания внутриядерного электрона, новый атом имеет тот же вес, что и старые, но на 1 больший заряд положительного ядра и соответственно этому на 1 большее число планетных электронов (в нормальном состоянии) и потому совершенно иные химические свойства.

Радиоактивный распад сопровождается выделением большого количества энергии. Так, напр., 1 грамм радия выделяет в 1 минуту около 100 калорий. Эта энергия получается, главным образом, за счет кинетической энергии вылетающих из него ядер гелия — так назыв. альфа-лучей, отчасти же за счет электронов (бета-лучей) и гамма-лучей [1]). Внешние условия—температура, давление и т. д.—не оказывают ни малейшего влияния на быстроту и характер радиоактивного распада.—Резерфорду в последнее время удалось вызывать распад нерадиоактивных атомов или, вернее, ядер (напр., азота, фтора, натрия и др.) путем бомбардировки их альфа-частицами, выбрасываемыми радиоактивными веществами. Не следует, однако, переоценивать практическое значение этого открытия. Число распадающихся под влиянием вышеозначенной бомбардировки атомов крайне ничтожно,—настолько ничтожно, что эти атомы непосредственно обнаружены быть не могут; наблюдаемое явление сводится к появлению быстро движущихся протонов (водородных ядер), которые выбиваются альфа-частицами из ядер рассматриваемых нерадиоактивных атомов.

Итак, положительные ядра—как в радиоактивных, так и в нерадиоактивных атомах, не являются абсолютно

[1]) Хотя пропорция радиоактивных веществ в земном шаре ничтожно мала, однако, количество их совершенно достаточно не только для того, чтобы поддерживать его температуру, но, повидимому, даже и для некоторого ее повышения.

прочными и неразрушимыми. Отсюда естественно возникает вопрос, не может ли изменение ядер атомов, т. е. превращение одних атомов в другие, служить источником энергии?

7. Внутриатомная энергия.

Естественный радиоактивный распад происходит таким образом, как если бы он не вызывался какими-либо внешними причинами, но обусловливался исключительно внутренней неустойчивостью соответствующих атомов или ядер. Это представление и послужило одной из причин мифа о внутриатомной энергии. В самом деле, если атомы урана, тория, радия и т. д. сами собой распадаются, теряя избыточную энергию, то не следует ли думать, что подобная избыточная энергия содержится в дремлющем состоянии и в других нерадиоактивных атомах и что человечеству лишь нужно найти способ разбудить эту «спящую красавицу»?—Однако, это представление совершенно не выдерживает критики. Если мы не замечаем внешней причины, вызывающей радиоактивный распад, то это отнюдь не значит, что ее не существует. Перрен высказал мысль, что этой причиной являются особые ультра-рентгеновые лучи, т. е. лучи еще более «жесткие» или менее поглощаемые, чем рентгеновые, которые почти не задевают «планетных» электронов, но могут вызывать глубокие разрушения в наиболее сложных и потому не особенно прочных положительных ядрах тяжелых атомов.

Что же касается источника этих ультра-рентгеновых лучей, то таковым, по мысли Перрена, является процесс сочленения протонов и электронов в ядра гелия, а также ядер гелия в более сложные ядра, т. е. процесс синтеза материальных тел

из их первичных элементов—протонов и электронов, который происходит, быть может, в атмосфере, а, быть может, и в мировом пространстве. Эта мысль подтверждается тем фактом, что многие туманности, в особенности наиболее разреженные, состоят, как показывает спектроскопическое исследование испускаемого ими света, почти исключительно из водорода и гелия. Поскольку эти туманности являются начальной стадией эволюции звездных систем, надо полагать, что эволюция материи идет от простого к сложному, представляя собой процесс сочленения (синтеза), а не расчленения (анализа). Что же касается радиоактивного распада, то он является побочным результатом этого мощного синтеза,—результатом, не могущим, конечно, изменить его общее направление.

Энергия, выделяемая при распаде радиоактивных атомов, получается, если верна гипотеза Перрена (которая, впрочем, не является в настоящее время общепризнанной), за счет энергии тех ультра-рентгеновых лучей, которыми вызывается этот распад. Радиоактивные вещества как бы улавливают и преобразуют эту энергию.

В природе и на земле имеется еще громадное количество химически связанного или свободного водорода. Нельзя ли было бы воспользоваться им для искусственного синтеза более сложных атомов? Если бы это удалось, то мы овладели бы поистине неисчерпаемым источником энергии. Правда, использовать эту энергию было бы очень трудно, так как она должна была бы испускаться в форме ультра-рентгеновых лучей, которые так сказать ускользали бы из-под пальцев, почти не поглощаясь большинством тел и вызывая радиоактивный распад в других. Однако, это препятствие, вероятно, было бы не трудно преодолеть; весь вопрос лишь в том, чтобы осу-

ществить синтез сложных положительных ядер из более простых или непосредственно из протонов и электронов [1]).—Разрешим ли этот вопрос и каким образом—покамест совершенно неизвестно.

Заметим, что колоссальный запас энергии, излучаемой солнцем, происходит, повидимому, из этого внутриатомного или, вернее, протоно-электронного источника. Химической энергии солнцу хватило бы всего лишь на 30 тысяч лет, а между тем излучение его происходит без заметного ослабления уже в течение нескольких миллиардов лет.

Мы дошли в нашем анализе до простейших частиц материи—протонов и электронов. Поскольку эти частицы остаются абсолютно неизменными, внутриатомная энергия, как уже упоминалось только что, сводится лишь к уменьшению взаимной потенциальной энергии протонов и электронов. Заметим, что, с этой точки зрения, атомы в целом и в особенности их ядра являются не «кладезями» энергии, как это принято думать, но, наоборот, ее «кладбищами». Иначе говоря, никакой энергии от распада сложных атомов получить нельзя, наоборот, чтобы вызвать такой распад, нужно затратить огромное количество энергии. Получить же энергию можно было бы, если бы удалось искусственно вызвать синтез водородных атомов в более сложные атомы, например, гелия. Мы обладали бы тогда огромным источником энергии, но все же далеко не столь большим, как это представляют себе обычно популяризаторы, мечтающие получить энергию там, где ее вовсе нет.

---

[1]) Энергия ультра-рентгеновых лучей космического происхождения, обусловленных естественным синтезом водородных атомов, повидимому, недостаточно велика для того, чтобы ее можно было практически использовать при помощи обыкновенных радиоактивных веществ.

8. Фиктивная внутриатомная энергия.

Где же корни этого столь распространенного заблуждения? Дело вот в чем. Если две одноименно заряженные частицы находятся вблизи друг от друга, то при совместном ускоренном движении они начинают друг друга тормозить, т. е. влиять друг на друга с некоторой силой, направленной в сторону противоположную ускорению. Эта тормозящая сила пропорциональна заряду частиц. С другой стороны, эти частицы обладают по отношению друг к другу известной потенциальной энергией, происходящей от взаимного отталкивания одноименных зарядов, точно также пропорциональной их зарядам. Теория показывает, что тормозящая сила, зависящая от совместного ускоренного движения частиц, равна их взаимной потенциальной энергии, деленной на квадрат скорости света *c*. Эта тормозящая сила увеличивает инерцию частиц: чтобы придать им некоторое ускорение, нужна большая сила, чем если бы этой тормозящей силы не было. Мерой инерции какого-либо тела является его м а с с а. Таким образом масса заряженных частиц увеличивается благодаря их электрическому заряду на величину, равную их взаимной потенциальной энергии, деленной на квадрат скорости света *c*.

То, что сказано о двух заряженных частицах, можно распространить на одну частицу, мысленно разбивая ее на элементы, обладающие одноименными зарядами. Перенося это представление на отдельный электрон, можно трактовать всю массу электрона, как вызванную электрическим взаимодействием его частей. С этой точки зрения масса электрона оказывается равной его энергии, деленной на

квадрат скорости света *c*. При этом под потенциальной энергией электрона подразумевается взаимная потенциальная энергия всех тех бесконечно малых элементов, на которые мысленно подразделяется его заряд, т. е., другими словами, та работа, которая была бы совершена силами взаимного отталкивания этих элементов, если бы они на самом деле оторвались друг от друга и рассеялись на бесконечное расстояние. Но расчленение электрона на более мелкие составные части лишено всякого физического смысла, — подобный «взрыв» электрона невозможен, бессмыслен, поэтому эта собственная «энергия» его является чистейшей фикцией. То же самое, разумеется, относится и к протонам.

Таким образом, умножая массу какого-либо тела на квадрат скорости света, мы получим совершенно фиктивную энергию, равную сумме собственных энергий всех электронов и протонов, образующих это тело. От этой величины, как бы она ни была колоссальна, нам не может быть ни тепло, ни холодно; использовать ее каким бы то ни было образом невозможно; более того, ее просто-напросто не существует.

9. Реальная внутриатомная энергия.

Однако, помимо этой фиктивной собственной энергии, электроны и протоны обладают еще кинетической энергией, а также взаимной потенциальной энергией. Сумма их составляет внутриатомную энергию, о которой мы говорили выше. Эта энергия уже не фиктивна, а вполне реальна, так как атомы, как мы говорили, не являются неизменными. Вопрос только в том, обладает ли атом большей внутренней энергией, чем его «осколки» после

разрушения, или наоборот. Мы утверждаем, что верно именно второе, т. е., что для разрушения атома нужно затратить энергию. Сейчас мы можем привести в подтверждение этого утверждения весьма веское соображение.

Вернемся к нашим двум заряженным частицам. Если обе заряжены одноименно, то при удалении их одна от другой взаимная потенциальная энергия их уменьшается. Вместе с тем уменьшается и та тормозящая сила, о которой мы раньше говорили; таким образом удаление двух одноименно заряженных частиц друг от друга сопровождается уменьшением их взаимной энергии и вместе с тем общей массы.

Обратное имеет место, если частицы заряжены разноименно. В этом случае при ускоренном движении они действуют друг на друга не тормозящим, а подталкивающим образом, т. е. их электрическое взаимодействие уменьшает их общую массу. Удаляя частицы друг от друга, мы увеличим их взаимную потенциальную энергию (на удаление придется затратить работу, так как они взаимно притягиваются), вместе с тем ослабевает их электрическое взаимодействие (которое уменьшает их массу), т. е. их общая масса возрастает. Итак, во всех случаях увеличение взаимной энергии системы заряженных частиц сопровождается увеличением их массы, а уменьшение—уменьшением ее. Это вполне укладывается в ту зависимость между массой и энергией, которую мы ранее формулировали так: изменение массы равно изменению внутренней энергии системы, деленной на квадрат скорости света c.

Таким образом, по изменению массы можно судить об изменении энергии системы. И вот, оказывается, что

синтез сложных атомов гелия из простых атомов водорода сопровождается у м е н ь ш е н и е м массы. Именно, для того, чтобы атомный вес всех элементов выражался целыми числами (напр., ат. вес гелия = 4, кислорода = 16 и т. д.), водороду необходимо приписать атомный вес 1,008. Это значит, что из 1,008 грамма водорода при сочленении его атомов в атомы гелия получается только 1 грамм этого последнего: масса уменьшается на 0,8%. Стало быть, внутренняя энергия атома гелия м е н ь ш е, чем таковая у тех атомов водорода, из которых он образовался. Это и подтверждает нашу мысль, что сложные атомы представляют собой не «кладези», а «могилы» энергии.

При сочленении водорода в гелий избыточная энергия атомов водорода должна освободиться. Мы можем теперь легко подсчитать избыток энергии атомов водорода в 1,008 г., этого вещества, сравнительно с энергией образующихся из них атомов гелия. Уменьшение, или, как говорят, дефект массы $= \frac{\text{уменьшению энергии}}{c^2}$, т. е. уменьшение энергии = (дефекту массы) $\times\, c^2 = 0{,}008 \times 900\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ эргов = 73 000 000 000 килограммометра = 180 000 000 калорий. Это равносильно тому, что могут дать при сгорании 20 тонн угля. Эта энергия должна, стало быть, выделиться при сочленении 1,008 г. водорода в гелий. Ясно, что если бы мы умели вызывать такой синтез, то всякие заботы об энергии отпали бы сами собой. Правда, энергия, о которой мы говорим, составляет только 0,8% той фиктивной энергии, о которой грезят многие, зато она реальна и об овладении ею мы можем, по крайней мере... мечтать.

ОГЛАВЛЕНИЕ.